جيمس نيومان
ميتشيل ويلسون

رجال عاشوا للعلم



ترجمة: أحمد شكرى سالم

مراجعة: محمد مرسى أحمد

الأعمال المختارة

James Neuman
Michel Wilson

Lives in Science

جيمس نيومان

ميتشيل ويلسون

وآخرون

رجال عاشوا للعلم

ترجمة

أحمد شكرى سالم

مراجعة

محمد مرسى أحمد



الهيئة المصرية العامة للكتاب

١٩٩٩

مشروع الألف كتاب الثاني
نافذة على الثقافة العالمية

الفهـــــرس

الموضـــوع | الصفحة

القسم الأول

نظـام العـالم العظيم

القسم الثانى

النظـام الجـديد للعـالم

القسم الثـالث

ما النـــار ؟

القسم الرابع

المغناطيسية والكهرباء

القسم الخامس

دراسة الحياة

القسم السادس

ثلاثة من الرياضيين

مقـــــدمة

يتناول هذا الكتاب حياة ثمانية عشر رجـلا سـيقابل القارىء من بينهم ماردين أصيلين أو ثلاثة ، بطلا أو بطلين، قديسا وماكرا ، رجالا يختلطون بالناس وآخرين يميلون الى العزلة القاسية ، وسيقابل ، أخيرا ، مجموعة من الحكماء وغريبى الأطوار • وما جمع كل هؤلاء فى باقة واحدة ، الا أن كلا منهم صرف حياته فى العلم • وهم فى الواقع مازالوا أحياء بيننا يملأون الدنيـا من حولنا حيـاة وضجيجا • ان وجودهم يتجسد فى النظام الصناعى الذى يحيط بنـا ، وتلعب أفكارهم دورها داخل أدمغتنا ونحن نصور لأنفسنا ذلك العالم الذى نحيا فيه وموضعنا منه • ومازال هـؤلاء الناس يعبرون العالم بقدر ما غيروا ظروف الانسان وآراءه خلال القرون الأربعة التى استغرقتها حياتهم •

ومن المقطوع به أن الكتاب قد عرض عينات من حياة العلماء الذين دخلوا تاريخ العلم فى تلك الفترة • وكان الانتقاء عارضا لحد ما • والواقع أن فصول هـذا الكتـاب كتبت فى الأصل لتكون مقـالات فى الأعـداد الشـهرية من مجلة « الأمريكى العـالم » ، ولكنهـا جمعت فى هذا الكتاب فتـداخلت وتكاملت وصـارت تغطى عـددا من التطـورات الجوهرية فى العلم •

ومما يؤسف له أن تاريخ العلم جانب مهمل من جوانب التـاريخ • ولا شك أن التفسـير يكمن فى تلك الجـدران الأكاديمية القاسية التى تفصل بين الانسان العادى والعلوم • وليس ثمة داع لمناقشة أثر العلم على الحياة اليومية ، فهذا أمر واضح ، ولا يقل عنه وضـوحا أن معرفة تاريخ العلوم تلقى ضوءا هاما على شـئون المـاضى المتعلقـة بالسياسـة والاقتصاد والثقافة والحرب • ويعكس هذا الكتـاب فائدة أخرى لدراسة تاريخ العلم : هى القاء الضـوء عـلى فهمنا للعلم ذاته •

ويدلنا هذا الأسلوب التاريخى فى الدراسـة ، بادىء ذى بدء ، أن العلم انما هو جماع المعارف التى تراكمت من هنا ومن هناك • ان الملاحظة ، وتجميع المـواد ، وعمليـة البحث عن الحقيقـة ــ تلك العمليـة التى توصف بأنهـا علميـة ــ تبـدو فى الـواقع جزءا من فكرة أكبر تعتمـل فى ذهن العالم • انه يود أن يحيل معارفه الى معان واضحة مفهومة ، وهو يسأل نفسه السؤال تلو السؤال هادفا لوضع صـورة لخبراته تتميز بالترابط والتماسـك المنطقى • ولا تؤدى هذه الأسئلة فحسب الى معارف جـديدة ، ولكنهـا تؤدى كذلك الى بروز أسئلة جـديدة تزيد من آفاق الخبرة الانسانية •

وتختلف هـذه الصـورة اختـلافا كبيرا عن الصـورة الشائعة التى تصور العالم كحفار ينقب عن الحقائق الجافة

في منجم اليقين . انها تصور العالم أقرب ما يكون الى الفنان ، وبكلمات جورج برنارد شو : « ... ان عمل الفنان أن يكشف لنا عن حقيقة أنفسنا . وما عقولنا الا معارفنا هذه عن أنفسنا ، وكل من يضيف الى هذه المعارف انما يخلق عقلا جديدا بقدر ما تخلق المرأة جيلا جديدا من الرجال » .

والحقيقة ، أن كل اضافة الى ذهن الانسان ، في ميدان العلم ، لابد وأن تأتي كاتساع في حدود المعرفة ، لا كومضة تلمع في الظلام خارج هذه الحدود . وكل مارد من مردة العلم يرتفع دائما على أكتاف مارد آخر سبقه . ويذكر لنا الفصل الأول قصة المارد جاليليو الذى قدم فكرة القصور لكى يربط الميكانيكا السماوية التى وضعها كبلر بخبرتنا الأرضية حول الأجسام الساقطة . وكان كبلر قد بنى نظامه على فروض كوبرنيكوس ، وجاءت أعمال جاليليو ، بدورها ، فوضعت الأساس لتحاليل نيوتن الكلاسيكية فى علم الميكانيكا .

ويعكس هذا الكتاب بكل جلاء صفة الاتصال فى تطور العلم ، عندما يعرض وصول أكثر من عالم الى نفس الكشف فى وقت واحد . نحن نرى كيف ارتبك نيوتن عندما وجد أن هوك قد توصل الى فكرة الجاذبية بشكل مستقل ، كما نذكر الخلاف الذى دب بين نيوتن وليبنتز حول أسبقية كل منهما فى كشف حساب التفاضل والتكامل . ويرجع الفضل الى كل من لافوازييه وبريستلى فى فصل غاز الأكسجين . وكشف هنرى وفاراداى ، فى نفس الوقت ، عن الأثر

المغناطيسى للتيار الكهربى • وكاد والاس يسبق دارون فى نشر نظرية الانتقاء الطبيعى • وليس فى ميسورنا أن نرجع ذلك الى مجرد الصدف ، فهو شىء كثير الحدوث • ويكمن تفسير هذه الظاهرة فى الوحدة التى يتصف بها العلم ، تلك الوحدة التى تتخطى كل الاتجاهات التى تميل الى تقسيم العلم الى ميادين متباينة للمعرفة • ولا ينتظر من العلماء الذين يقتربون من المجهول ، وكلهم على أرض واحدة من المعرفة ، ونفس الدوافع تحرك كلا منهم ، الا أن يوجهوا الى أنفسهم نفس الأسئلة •

•

يعالج القسم الأول من هذا الكتاب ما نعنيه حقا عندما نقول : « ان الشمس قد بزغت » أو ان « التفاحة تسقط من الشجرة » • ان دوران الأرض حول محورها ، وقوة الجاذبية تبدو اليوم معلومات عادية لا تستدعى من المرء كثيرا من الالتفات فى حياته اليومية • غير أنه من المفيد أن نتذكر أن القول بوجود قوانين فيزيائية عامة تنطبق فى السماء وعلى الأرض كان هرطقة فى وقت من الأوقات • لقد أدى النجاح الذى أحرزه علم الفيزياء الى تغيير عميق فى الراى العام الذى يسود المدنية الأوروبية •

وبينما حركة التنوير تحرز نصرا بعد نصر ، كان من الواضح أن حساب التفاضل والتكامل يمكن أن يحيط بكافة المعارف الممكنة • غير أن لابلاس واجه قارئا شابا ناقدا مدققا ، حتى قبل أن ينشر الجزء الأخير من كتابه « حركة الأجرام السماوية » • كان وليام رووان هاملتون عندئذ فتى السادسة عشرة من عمره ، وبالرغم من أن أفكار لابلاس

قد بهرته ، الا أنه فطن الى الصعوبات التى واجهت لابلاس وكيف قفز فوقها أو أخفاها . حقا ان هاملتون لم ينجح فى اقامة ميكانيكا جديدة للأجرام السماوية ، غير أنه كشف جبرا جديدا غريبا لا تتساوى فيه ا ب مع ب ا . ويستخدم هذا الجبر غير التبادلى الآن فى وصف أحداث فى علم الفيزياء لا يحلم علم التفاضل والتكامل أن يعالجها .

وكان جورج فرانسيس فيتزجيرالد وجها جديدا أصيلا لم تقدر قيمته الحقيقية الا فى القرن العشرين . كان هو الذى قدم الفكرة الغريبة القائلة بأن العصا قد تنكمش والساعة قد تبطىء ، وذلك حتى تتحقق معادلات الحركة . واليوم يدرك كل منا سلامة هذه الفكرة ، ذلك أننا نعلم أن المعادلة التالية تسود العالم من حولنا : الطاقة = الكتلة × مربع سرعة الضوء ، كما نعلم أن الجسيمات ذات العمر القصير تعيش فترة أطول عندما تصبح سرعتها قريبة من سرعة الضوء .

وكان كشف بريستلى ولافوازييه فى نفس الوقت لغاز الأكسجين اكثر من مجرد صدفة ، انه تعبير واضح عن أهمية النظرية فى تفهم الظواهر المشاهدة . لقد أجرى كل من الرجلين تجارب عبقرية أدت الى فصل عوامل ونواتج الاحتراق الأساسية . أما بريستلى ، الرجل البعيد عن السياسة ، فقد كان محافظا متعنتا فى العلم ، وكان راضيا على نظرية الفلوجستون القديمة ونجح فى « انقاذها » عندما قام بتحليل نتائجه . وأما لافوازييه فقد بدأ بفرض مختلف تماما عن طبيعة الاحتراق ، ومن ثم فانه تعرف على

غاز الأكسجين كعنصر ، وغاز ثانى أكسيد الكربون كمركب . وكان تفسيره للنار ايذانا ببدء عهد جديد تلعب فيه وسائل الفيزياء دورا كبيرا فى حل مشاكل علم الكيمياء .

ومن العجيب أن التاريخ يكشف لنا أن الانسان بدأ يتفهم الكهربية قبل ان يصحح مفهوماته الخاطئة عن النار . غير أن بنيامين فرانكلين لم يكن مجربا جريئا فحسب ، بل كان كذلك بارعا فى النظريات . ان الرجل الذى « خطف البرق من السماء وانتزع الصولجان من يد الطاغية » فعل أكثر من مجرد توضيح أن البرق لا يختلف عن الشرارة التى يستخدمها الانسان . ومازالت آراؤه الخاصة « بالسيال » الكهربى الواحد أو اتجاه سريان الكهرباء أو عدم فناء الشحنة ، مازالت متضمنة فى النظريات الكهربية حتى اليوم .

ولقد حاول الدكتور فرانكلين ، الحاكم ، أن يعجل بأقلمة العلم حتى يكون ذا فائدة مباشرة لمواطنيه الأمريكيين . وبعد جيلين لاحظ توكيفيل أن هذه الأمة الجديدة « لا تتطلب من العلم أكثر من أن يلعب دوره التطبيقى فى الفنون المفيدة ، وأن يجعل الحياة أكثر أمنا وراحة » وتكشف قصة جوزيف هنرى بشكل قاس عن دقة الملاحظة ، ذلك أن واحدا من مواطنيه لم ير فائدة مباشرة لقضبانه الممغنطة أو ملفاته ، بل ان كشفه لظاهرة التأثير الكهربى عام ١٨٣١ لم ينشر حتى عام ١٨٣٢ بعد أن أصاب فاراداى قدرا كبيرا من الشهرة وأعلن عن كشفه لنفس الظاهرة .

وكانت النتيجة المباشرة لنشــاط فاراداى وهنرى أن دارت المولدات الأولى على جانبى الأطلنطى • غير أن الفرق بين المعهد الملكي الذى كان يعمل فيه فاراداى وورشة المدرسة التى كان يعمل فيها هنرى ، عبر عن نفسه بوضوح اذ كانت انجلترا أكثر ادراكا للمدلول العميق للتجارب التى قام بهــا كل من العالمين الكبيرين • أما كلارك ماكسويل فقد كان يبحث عن تعبير رياضي شــامل للصــورة التجريبيــة فى ميــدانى الكهربية والمغناطيسية • وربطت معادلاته بشكل غير منتظر بين الظواهر الكهربية المغناطيسية والظواهر الضوئية ، كما أوضحت هذه المعــادلات أن طيف الضــوء ان هو الا شريط ضيق من الطيف العام للطاقة المشعة • وسرعان ما كشــفت التجارب ، التى أدت معادلات ماكسويل الى اجرائهــا ، عن وجــود موجات الراديو غير المرئية • وكذلك وجهت هــذه المعادلات القائمين على اجراء التجــارب الى احتمــال وجود اشعاعات طول موجاتها أقل من طول موجات الضوء • وكان كشف الأشعة السينية وأشعة جاما ايذانا بفتح الطريق أمام علم الفيزياء النووى أو الذرى •

ولعل فى هذا العرض ما يبين لماذا يوضع ماكسويل الى جانب نيوتن في تاريخ العلم ، ذلك أن ماكســويل وضــع نظاما متكاملا يلقي الضوء والتوجيه عــلى أعمال الأجيــال الماضية والتالية من العلماء •

أما هارفي وداروين وبافلــوف فهم علمــاء من طراز آخــر • ذلك أن القياســات الدقيقــة التى تنطبق فى علم الفيزياء لا تجد لهــا مجــالا فى عمليات الحياة • والكشوف

البيولوجية قد تبدو ، من بعض الجوانب ، أقل اهمية للرجل المثقف من معادلات ماكسويل مثلا · ولكن ، هل هناك مقياس يمكنه أن يزن بدقة عمق الادراك اللازم لمعرفة الدور الذى تقوم به صمامات الأوردة ، أو مدى التخيل اللازم لادراك التحولات التى عانتها الكائنات الحية فى جزر جالاباجوس ، أو أصالة المجرب الذى اتخذ افرازات العصارات المعدية كدليل على العمليات غير المرئية التى تحدث فى الجهاز العصبى ؟ واذا كان النجاح الباهر الذى أحرزته الوسائل العلمية فى ميدان علم الفيزياء قد لفت النظر فى السنين الأخيرة ، فان علوم الحياة قد كشفت عن فوائد مباشرة هامة لخير الانسان · لقد بين هارفى أن قوانين الميكانيكا تطبق فى حجرات القلب · ولا يقل دارون عن جاليليو أهمية ، من حيث انتزاعه لفكرة تربع الانسان على مركز الخلق · وفتح بافلوف الطريق أمام البحث المنطقى لسلوك الانسان وشخصيته ·

أما أبطال القسم الأخير من هذا الكتاب فقد يبدو أنهم وجوه أقل أهمية من سابقيهم · غير أنه كان من المنتظر أن تلمع شهرة بابيج لو أنه ولد متأخرا نصف قرن ، وكذلك رامانوجان لو أنه عاش حتى ينجز ما وضعه نصب عينيه · أما لويس كارول ، الذى خط قلمه أعظم الكتابات باللغة الانجليزية (بعد الانجيل وشاكسبير) فلا شك أنه يحتل مكانا مرموقا فى تاريخ العلم (★) ·

(★) تضم هيئة التحرير : جيرارد بيل (الناشر) ، دينيس فلاناجان (رئيس التحرير) ، ليون شيرسكى (مدير التحرير) ، جيمس ، ر· نيومان ، ١· ب· روزينباوم ، وجيمس بروكباوم (المدير الفنى) ·

القسم الأول

نظام العالم العظيم

جاليليــو

لعــل اسم جاليليو أكثر الأسماء شيوعا فى المدونات العلمية ؛ غـير أن الاراء تختلف اختـلافا بينا فيما يتعلق بالأعمال التى قام بها بحيث يصعب على العـالم العادى أن يحدد بدقة ما حققه جاليليو . يذكر لنا بعض الكتـاب أن جاليليو كان تجريبيا ، وأنه صاحب « المنهج العلمى » لدراسة « الحقائق العامة للطبيعة » ، ويوضحون ذلك بذكر ما نسب اليه من أنه كشف قوانين الأجسام السـاقطة عن طـريق الملاحظة المتكررة لما يحدث عنـدما تسـقط كرات متباينة الأوزان من قمة برج بيزا المائل . هذا ، بينما يذكر آخرون أن جاليليو لم يتعلم شيئا من خلال التجارب ، وأنه لم يلجأ الى التجربة الا لكى يتحقق من نتيجة وصل اليها فعلا عن طريق التدليل الرياضى والاستنتاجات القائمة على فروض أولية . وبينما يضفى كثير من الكتـاب عـلى جاليليو لقب « أبو العلم الحديث » ، يقول البعض ان جل ما حققه جاليليو فى ميدان العلم ترجع أصوله الى نهاية العصور الوسطى . وبينما يتفق كثير من المعلقين مع السـير دافيد بروستر فى رأيه القائل بأن جاليليو أحد «شهداء العلم» ، يوافق آخرون على رأى أ . ن . هوايتهد القائل بأن العقوبة التى أوقعتها

لجنة التحقيق الرومانية على جاليليو لم تتعد « تحفظا يحيط به التكريم وعتابا هادئا قبل أن يموت بسلام وهدوء على سريره » •

ماذا يفعل العالم الذى يجابه بهذه الآراء المتناقضة يقدمها كتاب محترمون ، وعليه أن يختار لنفسه رأيا منها ؟ ان هذا المثل يدعونا الى تأكيد الحاجة الى متابعة المنح الدراسية الخاصة بتاريخ العلم ، بل والتوسع فيها • ذلك أن فهم المدلول الحقيقى لما قام به جاليليو فى علمى الفيزياء والفلك ، يتطلب منا أولا وقبل كل شىء معرفة واضحة لمدى اتساع وطبيعة العلم الذى كان سائدا اذ ذاك ، كما يتطلب بعد ذلك معرفة كافية لتاريخ العلوم الفيزيائية منذ ذلك الوقت ، بهذا يمكننا أن نقيم العناصر التى ثبت أثرها الفعال فى تقدم العلم •

ولعل الصعوبة التى نواجهها فى تفسير أعمال جاليليو ناجمة ، لحد كبير ، من طبيعة فكره وكتاباته • انه كان يحيا فى فترة خصبة تحدد نهاية العصور الوسطى وعصر النهضة وبداية عصر العلم الحديث ؛ ومن ثم فان جاليليو كان شخصية انتقالية ، إحدى قدميه فى الماضى ، على حين تمتد الأخرى الى المستقبل • والنتيجة ، أن من الغرور الذى لا حد له أن يدعى المرء الملاءمة بين هذه التناقضات فى التفسيرات المختلفة التى قدمت خلال المائة عام الماضية • غير أن ذلك لا ينفى بروز عدد من الجوانب فى الأعمال التى حققها جاليليو •

كان جاليليو عالما فيزيائيا وفلكيا ورياضيا • وقدم أول مساهمة هامة له فى علم الفلك عام ١٦٠٤ عندما كان أستاذا فى جامعة بادوا ، ذلك المنصب الذى شغله عام ١٥٩٢ وعمره ثمانية وعشرون عاما • وحدث ذلك عندما بدا فى السماء نجم جديد ، مستمر ، وأثار كثيرا من الاهتمام بين العلماء والطلبة ورجل الشارع فى كل مكان • وألقى جاليليو محاضرة عامة أوضح فيها ، على أساس من المشاهدات الدقيقة ، أن هذا النجم الجديد نجم حقا ، ولا يمكن أن يكون شهابا عابرا فى الغلاف الجوى المحيط بالأرض ، لأنه لم يكشف عن أى أثر للتزيح ، وأنه لابد وأن يكون نجما ثابتا بعيدا من بين النجوم الثابتة البعيدة عن نطاق نظامنا الشمسى • وتنبأ جاليليو بأن هذا النجم سيظل مرئيا لفترة قصيرة ثم يختفى بعد ذلك •

وليس من السهل أن ندرك الآن مدى الجرأة فى قول جاليليو • ذلك أن النظرة العامة التى كانت سائدة اذ ذاك فيما يتعلق بالعالم الخارجى كانت أرسطية فى مجموعها ، وكان الاعتقاد السائد هو أن السماوات تتصف بالكمال وعدم التغير ولا تعانى نموا أو تحللا • ان الأرض فقط ، وهى مركز الكون ، هى القابلة للتغير • وقوانين الفيزياء على الأرض تختلف اختلافا بينا عن قوانين الفيزياء التى تنطبق على الأجرام السماوية •

وكان رأى جاليليو القائل بأن هذه السماوات الكاملة وغير القابلة للتغير قد تعانى من النمو أو من التحلل ، لابد وأن يصطدم بالأرسطيين • ولعل هؤلاء الأرسطيين ، كما

يقول ج٠ج٠ فاهى ، أحد مؤرخى جاليليو ، قد « تضايقوا من ظهور هذا النجم » بقدر ما « تضايقوا مما فعله جاليليو حين لفت النظر الى هذا النجم بقوة وبشكل علنى » ٠ وعلى أية حال ، فقد كان الهجوم على جاليليو أسهل من الهجوم على النجم ذاته ٠ ولم يتوان جاليليو عن التقاط القفاز ، وانتهز الفرصة لدحض العلم الفيزيائى الأرسطى القديم ، الذى كان يؤمن بعدم صلاحيته ، ومعه النظام البطلميوسى للكون الذى يعتبر الأرض بمثابة المركز فى هذا الكون ٠

وكان جاليليو اذ ذاك واحدا من الذين اعتنقوا آراء كوبرنيكوس ، بالرغم من أنه لم يكن قد جرؤ على اعلان ذلك « خوفا من أن ألاقى مصير أستاذنا كوبرنيكوس » ، كما كتب فى خطاب منه الى جوهان كبلر ٠ غير أن جاليليو ما كاد ينتهى من دراساته عن هذا النجم الجديد حتى عنت له فرصة رائعة للتيقن من آراء كوبرنيكوس ٠ وكانت هذه الفرصة أهم حدث فى حياة جاليليو كعالم فلكى ٠ كتب يقول :

« منذ عشرة أشهر وصلت الى أسماعنا همهمة تقول ان رجلا هولنديا توصل الى عمل جهاز بصرى يجعل المرئيات تبدو قريبة للانسان ، حتى ولو كانت بعيدة جدا عنه ٠ وسرت أقاويل كثيرة حول الأثر العجيب لهذا الجهاز أكدها البعض ونفاها البعض الآخر ٠ وبعد أيام وصلنى خطاب من الفرنسى النبيل جاكوب بادوفير يؤكد صحة هذه الاشاعة ، الشىء الذى دعانى الى البحث عن النظرية والوسائل التي قد تصل بى الى أختراع جهاز مماثل ٠ ولقد تحقق هذا الهدف

بعد فترة قصيرة ، وعلى أساس من دراسة نظرية انكسار الضوء ، وصنعت ماسورة من الرصاص مثبت في أحد طرفيها عدسة محدبة ، ومثبت في الطرف الآخر عدسة مقعرة » .

بهذه الكلمات وصف جاليليو تعارفه على التلسكوب أو المنظار المكبر ، وجاء هذا الوصف في كتابه العظيم « رسول النجوم » الذى نشره فى فينسيا عام ١٦١٠ . وبالرغم من أن عددا من الأشخاص كان يدعى كل منهم أنه صاحب الفضل فى هذا الاختراع، الا أنه من المقطوع به أن جاليليو كان أول من وجه التلسكوب لمشاهدة الأجرام السماوية . وكانت هذه تجربة فريدة فى تاريخ الانسان ، فقد مرت آلاف السنين والانسان لا يرى السماء الا بعينه المجردة . وما كان لأحد أن يعلم عظمة ما يقع خارج نطاق رؤية العين المجردة . وحيثما وجه جاليليو منظاره المكبر وجد حقائق جديدة تدعو الى الدهشة والعجب .

بدأ جاليليو بدراسة القمر ، واستنتج أن « سطح القمر ليس كامل الملامسة دائريا بالضبط ومتجانسا تماما . وكان الكثير من الفلاسفة يعتقد أن هذه الصفات تنطبق على القمر والأجرام السماوية الأخرى ... غير أن سطح القمر، على العكس من ذلك ، ملىء بالفجوات والنتوءات ، تماما مثل سطح الأرض الذى تعتريه هنا ربى عالية وهناك وديان عميقة » . بل ان جاليليو ذهب الى حد تقدير ارتفاع الجبال على سطح القمر ، ووصل الى نتيجة تتفق فى القدر مع النتائج الحديثة . وكان يعتقد أول الأمر أن المساحات الداكنة والمضيئة على سطح القمر انما تعكس الأرض والماء ،

ولكن علينا أن نتذكر هنا أن المبتدئين فى دراسة علم الفلك يعتقدون نفس الاعتقاد عند النظر الى القمر أو الى صورة من صوره ..

وانتقل جاليليو بعد ذلك الى النجوم وكشف فى التو أن هناك فرقا بين النجوم الثابتة والكواكب أو السيارات . « ان أقراص الكواكب تبدو مستديرة كاملة الاستدارة كما لو كانت مرسومة بالفرجار ، وتبدو وكأنها عديد من الأقمار الصغيرة الكروية المضيئة : غير أن النجوم الثابتة لا تبدو للعين المجردة محدودة بمحيط دائرى [كأنها كذلك فعلا !] ، ولكنها تبدو وهجا من الضوء يرسل أشعته المتلألئة الى كافة الاتجاهات . وهى تبدو كذلك سواء نظرنا اليها بالعين المجردة أو بالمنظار المكبر ... » . كما أشار جاليليو الى أن المنظار المكبر مكنه من رؤية « عدد هائل يفوق التصور من النجوم الأخرى التى لا تصل اليها العين المجردة .. » .

وانتقل جاليليو بعد ذلك الى مشاهدة المجرة أو طريق التبانة وتعجب أشد العجب اذ وجده « مجرد عدد لا حصر له من النجوم موزعة فى مجموعات » . وأكثر من ذلك ، لقد وجد أن كافة « السدم » ، التى استعر بخصوصها جدل طويل ، ما هى الا كتل من النجوم .

وختم جاليليو مشاهداته « بموضوع يبدو لى أنه أهم موضوع قمت به ، وهو أننى أعلن للعالم أننى كشفت وشاهدت أربعة كواكب لم يحظ الانسان برؤيتها منذ وجد حتى وقتنا هذا .. » .

فى السابع من يناير عام ١٦١٠ كان جاليليو يشاهد كوكب المشترى عندما لاحظ « وجود ثلاثة نجوم صغيرة ولكنها لامعة جدا وتقع الى جوار الكوكب ٠ وبالرغم من أننى كنت أعتقد أنها من بين النجوم الثابتة ، الا أننى عجبت لها بعض الشيء اذ بدا لى أنها مرتبة فى خط مستقيم يوازى دائرة البروج ، وأنها أكثر لمعانا من بقية النجوم التى تساويها فى القدر ٠٠٠ كان هناك نجمان الى الشرق [شرق المشترى] وواحد الى الغرب ٠٠٠ وفى الثامن من يناير دفعنى القدر الى أن أوجه منظارى الى نفس الرقعة من السماء ، ولاحظت أن الأمور قد تغيرت، فقد رأيت ثلاثة نجوم صغيرة تقع كلها الى غرب المشترى وأقرب الى بعضها من الليلة الماضية وتفصل بين الواحد منها والآخر مسافات متساوية ، كما يبدو من الرسم المصاحب » ٠

واستمر جاليليو ، ليلة بعد ليلة ، يشاهد هذه المجموعة من « النجوم » ، وأخيرا « قرر دون تردد أن هذه النجوم الثلاثة تدور حول المشترى ، كما تدور الزهرة وعطارد حول الشمس ٠ ولقد أثبتت المشاهدات التالية هذه الحقيقة بشكل واضح وضوح النهار ٠ كما دلت هذه المشاهدات أن هناك أربعة أجرام سماوية ، لا ثلاثة فحسب ، تدور حول المشترى ٠٠٠ » ٠

ولقد ذكر جاليليو أن كشف الأقمار الأربعة التى تدور حول المشترى ، والتى سماها « كواكب » ، بمثابة حجة رائعة تقضى على العجب الذى يساور هؤلاء الذين يقبلون دوران الكواكب حول الشمس فى النظام الكوبرنيكى ، ولكنهم

ينزعجون لدوران القمر حول الأرض ··· فنحن نقابل الآن لا كوكبا واحدا يدور حول آخر ··· ولكن أربعة توابع تدور حول المشترى ، كما يدور القمر حول الأرض، في حين يدور المشترى وتوابعه في مدار هائل حول الشمس يستغرق اثنتى عشرة سنة » · وتوصل جاليليو كذلك الى كشف هام آخر : هو أن كوكب الزهراء له أطوار تماثل أطوار القمر ، من البدر الكامل الىالهلال الرفيع· وهذه هى كلمات جاليليو: « ان مشاهدة هذه الظواهر العجيبة تؤدى بنا الى أن نصل الى نتيجة حاسمة تتفق مع شواهد الحس لدينا ، فيما يتعلق بموضوعين هامين ناقش المثقفون فيهما طويلا وتوصلوا الى نتائج متباينة · أما الموضوع الأول فهو أن الكواكب أجرام غير مضيئة بذاتها (هذا اذا كان لنا أن نطبق آراءنا عن الزهراء ، على عطارد أيضا) ··· والموضوع الثانى هو أننا مضطرون الى القول بأن الزهراء (وكذلك عطارد) تدور حول الشمس ، شأنها شأن بقية الكواكب · تلك حقيقة كان يؤمن بها الفيثاغوريون وكوبرنيكوس وكبلر ولكنها لم تثبت بشواهد حسية ، ولكنها ثبتت الآن فى حالتى الزهراء وعطارد » ·

وكان كشف جاليليو لأطوار الزهراء بمثابة تحد مباشر للنظام البطلميوسى المعترف به · ذلك أن النظام البطلميوسى كان يرى أن الزهراء تتحرك فى تدوير ، أى فى مدار دائرى يظل مركزه دائما بين الأرض والشمس · واذا كان الأمر كذلك ، واذا كانت الزهراء ، كما بين جاليليو ، تلمع نتيجة لانعكاس الضوء من الشمس فمن الممكن أن ترى بعض الأطوار الهلالية للزهراء ، ولكنه يستحيل عندئذ أن ترى

الزهراء كنصف دائرة أو دائرة كاملة أو أى طور بينهما • غير أن جاليليو شاهد فعلا كافة هذه الأطوار •

أدت كشوف جاليليو الى جعل النظام الكوبرنيكى «نظاما مقبولا من جهة النظر الفلسفية » ، وذلك عندما احتلت الأرض مكانة مماثلة للكواكب الأخرى وللقمر • ولقد بين جاليليو كيف أن الأرض تضىء مثل بقية الكواكب ، بعكس ضوء الشمس ، وذلك عندما لاحظ أن النصف المظلم من القمر التربيعى يضىء بشكل خافت نتيجة للضوء المنبعث من الأرض • واذا كان لنا أن نشاهد الأرض من منظار مكبر موضوع على القمر أو على الزهراء ، لرأينا كيف أن الأرض تبدو فى أطوار مختلفة شأنها فى ذلك شأنهما • ويقول جاليليو فى هذا الصدد : « ان الأرض ، بكل عدل وتقدير ، ترد الجميل الى القمر ، انها تبعث اليه بضوء يكافىء ذلك الضوء الذى تقبله منه خلال الليالى المعتمة » •

أما الشمس فانها تضىء من ذاتها ، وهى لهذا تختلف عن الأرض والقمر وبقية الكواكب • واذا كان لابد من وضع جرم بعينه فى مركز الكون فلابد وأن تتمتع الشمس ــ لا الأرض ــ بهذا المركز ! الشمس فى المركز ومن حولها تدور الكواكب ، والمشترى بتوابعه الأربعة يدور كذلك بنفس الطريقة • هذا هو نموذج النظام الشمسى •

ان حياة جاليليو والأعمال التى حققها تكشف عن الوحدة فى الهدف يندر وجودها عند العلماء ، فنشاطه فى مجال الميكانيكا يكمل نشاطه فى ميدان الفلك بحيث يصبح الجميع

كلا متكاملا . ويبدو من كتابات جاليليو أنه كان يتمتع باحساس ميكانيكى حق وبقدرة عبقرية على الاختراع . كان أحد كشوفه الأولى أن البندول ، صغيرا كان أم كبيرا ، يأخذ نفس الوقت فى الذبذبة الواحدة . وسرعان ما استخدم هذا الكشف فى اختراع « جهاز قياس للنبض » يستطيع بوساطته أن يقارن بين معدلات النبض بطريقة تسجيل ميكانيكية . وكان جاليليو شديد الاهتمام بالميكانيكا ، لا لأنها كانت هواية طبيعية لديه فحسب ، ولكن لأنه كان يعتقد أنها علم كونى يمثل الرباط بين الظواهر الأرضية والظواهر السماوية ، وأنه اذا استطاع الوصول الى قوانين الحركة على الأرض ، فسيكون فى ميسوره أن يطبق هذه القوانين على حركة الكواكب والنجوم . كان يطمح فى أن يكشف للناس أن النظام الكوبرنيكى يرى أن الكواكب تتبع فى مسارها فى السماء قوانين منتظمة وبسيطة ، بعكس ما تقول به النظرية القديمة من أن كلا منها يهتدى « بقوة ذكية خاصة به » .

ولا شك أن جاليليو عندما كان يبحث عن علم للميكانيكا ينطبق على الكون بأسره ، على الأرض وفى السماء ، لا شك أنه كان يقف بشدة فى وجه الرأى الذى كان سائدا اذ ذاك ، وهو رأى أرسطو ، الذى فرق بحدة بين قوانين الحركة على الأرض والقمر وقوانين الحركة فى الكون « السماوى » الذى يلى القمر . ففى عالم ما تحت القمر تحدث « الحركة الطبيعية » فى خط مستقيم . فالتفاحة تسقط من الشجرة الى أسفل لأنها « ثقيلة » ومكانها الطبيعى « الى أسفل » ، ولاجبارها على أن تتحرك فى اتجاه يعاكس طبيعتها ينبغى بذل « حركة

عنيفة » • أما فى عالم ما فوق القمر فالأمر على عكس ذلك ، اذ ان الحركة الطبيعية ، حركة دائرية ، وهى الحركة التى تناسب المادة الكاملة التى تتكون منها هذه الأجرام السماوية •

وعندما كشف جاليليو عن التشابه بين الأرض والقمر والكواكب مشيرا الى أنها لابد وأن تتبع نفس القوانين ، كان فى الحقيقة يجمع بين الظواهر الأرضية والظواهر السماوية فى علم فيزيائى كونى واحد • ويمكننا أن نعتبر الثورة فى التفكير الفيزيائى التى حققها جاليليو على أنها تركيز اهتمام الناس على مشكلتى الحركة والتغير • لقد أثبت أن الشمس ، وهى أكثر الأجرام السماوية «كمالا» ، عرضة للتغير ، اذ تتغير البقع فيها عند النظر اليها بمنظار جاليليو ! وعلى أية حال ، فقد كان جاليليو يرى أن كون الأجسام غير قابلة للتغير أو التحول « لا يضفى عليها عظيم الشرف » ، كما أن الأرض لا تتصف « بالحقارة » لأنها تتغير •

وفيما يلى كلماته : « اننى أرى أن الأرض شىء نبيل جدا ويدعو الى الاعجاب ، وذلك لكثرة التحولات والطفرات والتولدات التى لا تتوقف فيها ؛ كما اننى أرى أنه اذا كانت الأرض لا تعانى هذه التغيرات ، وكانت مجرد كتلة هائلة من الرمال أو من اليشب ، ولو أنها استمرت كرة هائلة من البللور لا ينمو فيها شىء أو يتغير أو يتبدل ، لما كان لها فى ناظرى قيمة أو فائدة ولكانت مليئة بالخمول ولا ضرورة لوجودها على الاطلاق •• هل هناك غباء يمكن تصوره أكثر من أن نسمى الجواهر والذهب والفضة أشياء ثمينة ، وأن

نسمي التراب والطين أشياء وضيعة ؟ أفلا يرى هؤلاء الناس أنه اذا كان التراب نادرا ندرة الجواهر والمعادن الثمينة فان أى أمير سيسعد بأن يقدم كومة من الماس وأكياسا من الذهب ، ويأخذ نظير ذلك حفنة من تراب تملأ اناء صغيرا يزرع فيه عودا من الياسمين ويراه ينبت أمام ناظريه وتنبثق منه الأوراق الخضراء والورود ذات العبير؟ ان الندرة أو الوفرة ، اذن ، هى التى تجعل العامة يقدرون هذا الشيء أو يحقرونه » .

ونحن سنكتفى هنا بأن نتناول ثلاثة جوانب من علم الميكانيكا الذى وضعه جاليليو : قانون الأجسام الساقطة ، قاعدة القصور ، وتحليل وتركيب الحركات المستقلة . ويعتبر قانون الأجسام الساقطة أشهر كشوف جاليليو . وتدل البحوث الحديثة على أن أعمال جاليليو المتعلقة بالأجسام الساقطة كانت شيئا أصيلا ومبدعا من حيث استخدام القانون أكثر منها من حيث العبارات التى صاغ بها ذلك القانون . قال أرسطو ان سرعة الجسم الساقط تتوقف على مقاومة الوسط الذى يسقط فيه الجسم ، فقطعة من الحجر مثلا ، سوف تسقط فى الهواء بأسرع مما تسقط فى الماء . وقال كذلك انه اذا سقط جسمان فى وسط مقاوم مثل الهواء فان سرعة كل منهما ستتوقف على وزنه . ولقد عبر كثير من الكتاب ، حتى قبل جاليليو ، عن شكوكهم فى هذه القاعدة ، فبين جون فيلوبونوس فى القرن السادس أن العكس هو الصحيح ، وذلك عن طريق تجربة قام بها . وعالج جاليليو هذه المشكلة باستخدام قواعد التدليل المنطقى والرياضيات أكثر منه باستخدام التجربة المباشرة .

لقــد اعتبر احتمــالين في حالة الحــركة ذات العجلة المنتظمــة التى بدأت من حالة الســكون : (١) أن السرعة تتناسب مع مسافة السقوط ، (٢) أنها تتنــاسب مع فترة الســقوط • أدى به الاحتمــال الأول الى تنــاقض ظاهر ؛ ومن ثم فقد قبل الاحتمال الثانى وهــو القانون المعــروف الآن والذى يقول بأن السرعة تساوى العجلة مضروبة فى الزمن : س = ع ن • ثم استخدم بعد ذلك البرهان المعروف الذى يقول بأن الجسم ذا العجلة المنتظمة يتحرك خلال مسافة ف فى فترة من الزمن ن تساوى المسافة التى يتحركها خلال نفس الزمن لو أنه سار بمتوسط السرعة ، وتوصل من ذلك الى قانون مماثل للقانون التالى : ف = $\frac{1}{2}$ ع $ن^2$ •

وعندما أراد جاليليو أن يتحقق من ذلك القانون اقترح تجربة الحركة على سطح مائل ، كوسيلة ، لتخفيف الجاذبية • تمكن الانسان من دراسة الحركة المتدحرجة البطيئة نسـبيا لجسم ساقط على سطح مائل ، باستخدام الساعة المائية • ويعتمد هذا الاختبار على نظرية جاليليو الهــامة المتعلقــة بتركيب الحركات • فالجسم المتحرك على سطح مائل ، حسب نظرية جاليليو ، يمكن تحليل حركته الى عنصرين : الحركة الأفقية أو الى الأمام ، والحركة الرأسية أو الساقطة ، وكل منهما منفصلة عن الأخرى • ولقد بين جاليليو ، من تجاربه على الأجسام الساقطة على سطوح مائلة ، أن هذا القــانون

وهنا نواجه مثلا واضحا لأسلوب جاليليو فى علم الفيزياء : انه يتصور الظروف التى توجد فى حالة معينة ويضع لها الصيغ الرياضية ثم يستخلص النتائج المعقولة ، وأخيرا يلجأ الى اختبار سريع للتأكد من نتيجته اذا كان الأمر فى حاجة الى الاختبار • وكان اختباره التجريبى فى هذه الحالة يعتمد على كرات من النحاس تتدحرج فى مجرى معين • كان يقيس الزمن الذى تستغرقه الكرة فى قطع مسافة معينة على سطح مائل بدرجة أو بأخرى • ووجد جاليليو خلال « تجارب كررها حوالى مائة مرة » أن الأزمنة تتفق مع القانون مع فروق « لا تستحق الذكر » • وتبين هذه النتيجة التى وصل اليها من أن الفروق « لا تستحق الذكر » كم كان متمسكا بفكرته حتى قبل بدء التجارب ، فالواقع أن الطريقة البدائية التى أجرى بها تجاربه لا يمكن أن تصل به الى قانون دقيق • والواقع أن الفروق ، كما وجدها الأب مرسين الذى عاصر جاليليو ، كانت كبيرة لدرجة أن الأب مرسين لم يتمكن من اعادة تجارب جاليليو ، حتى انه كان يشك فى أن جاليليو قام بهذه التجارب على الاطلاق •

وما ان اقتنع جاليليو نفسه بأنه قد توصل الى قانون الأجسام الساقطة ، حتى رغب فى استخدامه • كان يعلم جيدا أن هذا القانون لا يعمل الا تحت ظل ظروف مثالية ينعدم فيها وجود وسط مقاوم ، غير أنه قرر ، بالرغم من ذلك ، أن يستخدمه فى حالة الأجسام الساقطة فى الهواء ، فقد لاحظ أن أثر مقاومة الهواء بالنسبة للأجسام الثقيلة مثل كرات المدافع ، كان أثرا ضئيلا •

أخذ جاليليو فى اعتباره أن الحركة فى الهواء تختلف قليلا عن الحالة المثالية ، ثم استخدم قاعدته لتحديد مسار القذائف • والقذيفة ، حسب تحليل جاليليو ،لها عنصران مستقلان للحركة ، الحركة الأفقية والحركة الرأسية ، شأنها فى ذلك شأن الكرة على السطح المائل • اذا أطلقت القذيفة أفقيا من بندقية فانها ستسير الى الأمام قاطعة نفس المسافة كل ثانية ، هذا اذا غضضنا الطرف عن عامل مقاومة الهواء ، وهو عامل طفيف • غير أن القذيفة ، ما ان تخرج من ماسورة البندقية حتى تبدأ فى السقوط نحو الأرض ، ففى خلال الثانية الأولى ستسقط ١٦ قدما ، وفى خلال الثانية الثانية ستسقط ٤٨ قدما ، وفى خلال الثانية الثالثة ستسقط ٨٠ قدما • وهكذا • وعلى ذلك فان مسار القذيفة سيكون قطعا ناقصا • كان هذا الكشف شيئا جديدا له أهمية قصوى فى ميدان العلم الجديد المتعلق بمدى تصويب المدفعية •

وكذلك تضمن تحليل جاليليو كشفا جديدا آخر هو قاعدة القصور • انه لم يذكر هذه القاعدة بشكل واضح الا أنه استخدم • فى فروضه الخاصة بحركة القذائف ، النظرية القائلة بأن الجسم سيظل فى حالة منتظمة فى خط مستقيم ما لم تؤثر عليه قوة خارجية • لقد أدخل جاليليو الفكرة الثورية ، المضادة لعلم الفيزياء القديم ، والتى تقول بأن الحركة المنتظمة فى خط مستقيم تكافىء ، فيزيائيا ، حالة السكون ، وهو بذلك حول علم الميكانيكا من أساسه الاستاتيكى الى أساس كينماتيكى •

ولقد قدمت هذه القاعدة الجديدة أول تفسير كامل لميكانيكا الكون الكوبرنيكى • لقد صار فى وسع المرء أن

يفسر لماذا يسقط الحجر الساقط من قمة برج عند قاعدة البرج بالرغم من أن الأرض قد تحركت أثناء سقوط الحجر • كما صار في وسعه أن يفهم ، لأول مرة ، لماذا يسقط الحجر الساقط من قمة الصارى في مركب متحرك عند قاعدة الصارى بالرغم من حركة المركب • لقد أشار جاليليو الى أن الحجر كان يشترك مع المركب في الحركة الى الأمام قبل أن يبدأ في السقوط ، وأن هذه الحركة الى الأمام تظل تلازمه أثناء سقوطه ، ذلك أن الحركة الى الأمام والحركة الى أسفل نوعان مستقلان من الحركة • وعلى ذلك فلن يستطيع مشاهد موجود على هذا المركب أن يستنتج من هذه التجربة هل المركب في حالة سكون أو في حالة حركة منتظمة • وبعبارة أخرى ليس في ميسور المشاهد أن يميز بين حالة السكون وحالة الحركة المنتظمة الا باتخاذه نظاما خارجيا كمرجع له • هذه هي قاعدة النسبية لجاليليو ، وهذه هي كلماته : « بالنسبة للأرض ، للبرج ، أو لأنفسنا ، وكلها تتحرك مع الحجر تلك الحركة الدوارة ، تصبح هذه الحركة الدوارة وكأنها غير قائمة » •

وهنا قد يتساءل القارىء : وما قصة التجربة الشهيرة التى ألقى فيها جاليليو كرتين مختلفتين في القدر والوزن من قمة برج بيزا المائل؟ لعله ألقى فعلا في مكان ما وفي وقت ما وزنين مختلفين ووجد أن تنبؤات أرسطو القائلة بوجود اختلاف كبير في لحظة وصول كل منهما الى الأرض ، غير حقيقية ، الا أنه يبدو من البحوث الحديثة أنه لم يفعل ذلك من قمة برج بيزا ، على الأقل بشكل علنى أمام جمع من الناس •

لقد وصل جاليليو الى آرائه المتعلقة بعلم الفيزياء عن طريق التفكير ، عن طريق التدليل السليم والرياضيات لا عن طريق الاستنباط من التجارب • لقد كتب الكلمات التاليـة فى أثناء وجوده فى بيزا قبل ذهابه الى بادوا : « غير أننا ، كالعهد بنا دائما ، نستخدم التدليل أكثر مما نستخدم الآمثلة (ذلك أننا نبحث وراء أسباب الآثار التى نراها ، والتجارب لا تكشف هذه الأسباب) » • كان جاليليو يركن الى استخدام ما يمكن أن نسميه « التجارب الذهنية » • وذلك بأن يتصور النتــائج أكثر مما يشاهدها مباشرة • وهو عندما يصـف حركة الكرة الساقطة من قمة قلع المركب المتحرك فى « حوار عن النظامين الكبيرين للعالم » يجعل سمبليسـيو الأرسـطى يسأله هل قام بتجربة ما ليتحقق من ذلك • ويبادر جاليليو بالاجابة التاليــة : « كلا ، لست فى حاجة الى تجربة فاننى أستطيع بدونها أن أؤكد أن الأمر كذلك لأنه لا يمـكن أن يكون غير ذلك » •

ولــكى يدحض جاليليو النتــائج الناجمـة عن منطق أرسطو قام بهجوم مباشر على الأرسطيين • لقد أشار ، مثلا ، الى أنه « قد يكون من الممكن أن يبدع فنان فى صنع آلات الأرغن ولكنه لا يستطيع أن يعزف عليها • وقد يكون المرء عالما كبيرا فى المنطق ، ولكنه غير خبير فى استخدامه ، تماما كما قد تقابل الكثيرين الذين يفهمون جيدا فنون الشعر من الناحية النظرية ولكنهم لا يستطيعون صياغة أربعـة أبيات من الشعر ، أو الذين يتمتعون بالقدرة على تذوق الرسـوم المختلفة ولكنهم لا يستطيعون رسم مجرد مقعد بسيط • ان هؤلاء الذين يصنعون الأرغن لا يعطون دروسـا فى العزف

عليه ، انما يفعل ذلك العازفون المهرة ، والمرء يتعلم الشعر بقراءته المستمرة ، ويتعلم التصـوير بالرسـم والتخطيط المستمرين ، ويتعلم التدليل من قراءة الكتب المليئة بالتدليل ؛ وكل هذه هى الجوانب الرياضية لا الجوانب المنطقية » .

أما بخصوص التجاء أرسـطو الى شـواهد الحس فقد تساءل جاليليو : « ألم يقل أرسطو بأن علينا أن نفضـل ما تدلى به الحواس عن كافة الحجج ، حتى ولو كان مظهره لا يقوم على أساس قوى ؟ ألم يقل ذلك بدون أدنى شك أو تردد ؟ » ويجيب سمبليسيو الأرسطى على ذلك بقوله : « انه يفعل ذلك » . وهنا يقول جاليليـو « ... انك سـتجادل بشكل أكثر أرسطالية عنـدما تقول ان السماء غير قابلة للتغير لأن حواسى تنبئنى بذلك أكثر منك عندما تقول ان السماء غير قابلة للتغير لأن المنطق قد أقنع أرسطو بذلك . وبالاضافة الى ذلك ، يمكننا نحن أن نناقش موضوع الموانع السماوية بأفضل مما كان فى ميسـور أرسـطو ، فهو قد اعترف بأن المعارف المتعلقة بها كانت صعبة بالنسبة له لبعد السماء عن شواهد حسه ، وهو بذلك يعترف بأن المرء الذى يستطيع أن يصـل بأحاسيسه الى معارف أكبر عن السـماء سيكون فى وضع يمكنه من التفلسف بخصوصها بقدر أكبر من اليقين . ولقد مكنتنا المناظير المكبرة من أن نقترب من السماء ثلاثين أو أربعين مرة أكثر من أرسطو ، وصار فى ميسورنا أن نكتشف فى السماء مئات الأشياء التى لم يقـدر على رؤيتها مثل البقع الشمسية التى لم يشاهدها هو مطلقا . كل هذا يجعلنا نتحدث عن السماء والشمس بيقين أكثر من أرسطو » .

وتحفـل كتـابات جاليليو بالمراجـع التى تشـير الى المشاهدات المباشرة والحقائق الناجمة عن الخبرة • من هذه الزاوية بنى جاليليو علمه على أساس تجريبى - ولكنـه لم يكن ، بأية حال ، ذلك التجريبى الذى أراد كتاب القـرن التاسع عشر أن يصـوروه • انه لم يكن تجريبيـا دقيقا ، بالرغم من أنه كان مشاهدا مدققا، وتصويره كباحث صبور لا يستخلص النتائج الا بعد التجارب الطويلة لا يتعدى مجرد تضليل فى كتابة التاريخ • ان هذه الصورة تعكس نوعا من رجال العلم جاء متأخرا ، ويعتبر روبرت المثل الحى له •

ان أعظم ما أســهم به جاليليـو فكرته القـائلة بأن الرياضيات لغة الحركة ، وأن التغير يمـكن وصفه رياضيا بطريقة تعبر عن عموميته وحتميته ، وتعبر أيضا عن شموله وامكان تطبيقه على عالم الواقع - وبينما كان جاليليو يسخر من الجـانب العـددى فى الأفلاطونيـة ، اذا به يصرح فى الصفحات الأولى من « حـواره » : « اننى أعلم جيـدا أن الفيثاغوريين يكنون أبلغ التقدير لعلم الأعداد وأن أفلاطون ذاته كان يقدر الذهن الانسانى ويؤمن بأنه يشترك فى صفة القدسية لمجرد أنه يستطيع أن يفهم طبيعة الأعداد • وأنا شخصيا أميل الى أن أتخذ نفس الموقف » • ولقد وضح « حب الطبيعة للأعداد » فى كشف جاليليو أن الجسـم السـاقط تتزايد سرعته مع توالى الثوانى بنسب عددية متكاملة هى ١ ، ٢ ، ٣ • • • والمسافة التى يقطعها الجسم فى سقوطه مع توالى الثوانى تتزايد بنسبة الأعـداد الفردية ١ ، ٣ ، ٥ • • • ولا شك فى أن العالم الذى أثر عـلى تفـكير جاليليو

بالدرجة الأكبر هو أرشميدس ، غير أن أرشميدس وضع هندسة السكون ، بينما وضع جاليليو هندسة الحركة ٠

كانت النتيجة الأساسية لأعمال جاليليو خلال حياته بأكملها هي استخلاص أدلة جديدة تعضد نظرية كوبرنيكوس عن النظام الشمسى ، وتقديم التفسير الميكانيكى لحركة الأجرام فى هذا النظام ٠ ولعل موجة العداء التى ارتفعت فى وجه أعمال جاليليو دليل على النجاح الذى أحرزه فى هذا الصدد ٠ لقد ارتطم جاليليو فى أخريات أيامه بلجان التحقيق الرومانية ٠ كان جاليليو يرى أن الكتاب المقدس لم يكن يهدف الى تعليم العلوم ، وعبر عن ذلك الرأى فى خطابه الشهير الذى بعث به الى الدوقة العظيمة كرستينا ٠ قال ان كلمات الكتاب المقدس يجب ألا تؤخذ حرفيا ، وان ما جاء فى الكتاب المقدس بخصوص دوران الشمس حول الأرض لم يكن يرمى الى تأكيد نظام مركزية الأرض ، وانما كان مجرد تعبير عما نشاهده ونعبر عنه كل يوم ٠ (ونحن ما زلنا نتحدث حتى اليوم عن بزوغ الشمس وغروبها) ٠ ومن هنا كان جاليليو يرى أنه فى ميسور المرء أن يقبل النظام الكوبرنيكى ، ويظل فى نفس الوقت كاثوليكيا طيبا غير حانث ، بأية حال ، بالكتاب المقدس ٠

ولو أن جاليليو ظل فى بادوا التابعة لحكم فينسيا التى كانت تعتبر نفسها مستقلة عن حكم البابا ، ما اضطر الى مجابهة لجان التحقيق ٠ غير أن الشهرة التى أصابته مع كشوفه الأولى بالمنظار المقرب دفعته الى أن ينتقل الى فلورنسا ٠ ولقد كتب الكثير عن محاكمة جاليليو والحكم

عليه ، غير أننا لن نناقش ذلك فى هذا الفصل القاصر على نشاطه العلمى • حقا ان جاليليو لم يعذب خلال المدة التى مكثها فى سجن التحقيق ، غير أنه لابد وقد تأثر بمعرفته أن كثيرين قد عذبوا وأنه لم يمض وقت طويل منذ أن حرق جوردانو برونو حيا • كان قد بلغ التاسعة والستين ، وصحته متدهورة • ولقد كتب ثلاثة أطباء ، فى معرض محاولتهم تجنيبه المحاكمة ، عام ١٦٣٣ ما يلى : «من الواجب اعتبار حالته الصحية وأن أى سوء يصيب صحته قد يودى بحياته » • ان هذا الرجل المسكين ، الذى كان يتوق الى محاربة من ينكرون الحقائق الجديدة قد طحنته رحا المجلس المقدس للكنيسة التى لم يتوقف عن ولائه لها ، « واعترف » بعد التحقيق المتكرر معه :

« أقسم ، أنا جاليليو جاليلى ، ابن المرحوم فنسنزو جاليلى الفلورنسى ، وأنا أبلغ من العمر سبعين عاما ، وأنا أركع أمامكم لتحاكمونى، أيها الكاردينالات المبجلون القائمون على التحقيق باسم الكنيسة العامة للقضاء على الهرطقة والمروق ، وأنا أضع أمام عينى الكتاب المقدس وألمسه بيدى ، أقسم أننى آمنت دائما وأننى سأومن فى المستقبل بمعونة الله ، بكل كلمة جاءت فى الكتاب المقدس ، وبكل تعاليم كنيسة روما • ولما كان المجمع المقدس قد طلب الى أن أتخلى عن الفكرة الخاطئة القائلة بأن الشمس تقع فى المركز ولا تتحرك ، ولما كان قد حرم على أن أومن بهذه الفكرة الخاطئة أو أدافع عنها أو أقوم بتعليمها ••• فاننى على استعداد ان أنزع من أذهانكم ومن ذهن كل مسيحى كاثوليكى ، هذا الشك المنيف الذى راودكم بحق من جهتى •

وانني ، بناء على ذلك ، وبقلب مخلص ، وايمان راسخ ، ألعن وأحقر هذه الأخطاء والزندقة وكافة الأخطاء والآراء المضادة لما تقوله الكنيسة المقدسة ، وأقسم انني لن أذكر في المستقبل ، كتابة أو شفاهة ، ما من شأنه أن يثير الشك ضدى ، بل أقسم انه ما ان يصل الى علمي شيء بخصوص أى شخص يؤمن بهذه الهرطقة أو يشك في ايمانه ، فانني سأحيط المجمع المقدس أو المحقق في مكان وجودى ، علما بما وصل الى • وأقسم ، علاوة على ذلك ، انني سأحقق كافة الالتزامات التي وضعها المجمع المقدس أو سيضعها على كاهلي • فاذا حدث أنني خرقت عهودى وتعهداتي أو حنثت في قسمي (وليجنبني الله ذلك !) ، فانني أعرض نفسي لكل الآلام والعقوبات التي قررتها الكنيسة المقدسة ضد الملحدين ومن شاكلهم • فليعاونني الله ، وليعاونني الكتاب المقدس • الذى ألمسه بيدى ، وأنا ، جاليليو جاليلى ، أقسم وأتعهد وأغل نفسي بما تعهدت به ، وأقرر أمام الشهود انني كتبت هذا بمحض ارادتي وانني قد تلوته كلمة اثر كلمة » •

ولا يسع المرء الا أن يعجب بتلك الروح التي لا تخبو ، والتي مكنت جاليليو ، والخجل يكلله ، والسجن يحيط به ، والمرض يحاصره ، وكتاباته ممنوعة التداول ـ من أن يستكمل كتابه الأخير الهام « العلوم الحديثة » الذى نشر سرا • ويحق لنا اليوم أيضا أن نتساءل : هل كسبنا حقا معركة حرية الايمان ، فنحن ما زلنا نستطيع أن نردد عبارة جاليليو : « ان الفلسفة تبغى الحرية » •

اسحاق نيوتن

ان عقلية اسحاق نيوتن وشخصيته تتحديان كل مؤرخ • كان شخصا غريبا فريدا ، وكانت الينابيع التى يستقى منها سلوكه خافية حتى على معاصريه • شبهه أحد المؤرخين فى عصره بنهر النيل •• تعرف قواته العظيمة •• ولكنك لم تكشف عن منابعه • غير أن الحقائق الجديدة التى حصلنا عليها والخاصة بالفترة الأولى من حياته تمكننا من معرفة جزئية لصفات نيوتن وخط تطوره •

ولد نيوتن طفلا غاية فى الضعف ، حتى ليقال انه كان عليه أن يرتدى دعامة عنق خاصة فى شهوره الأولى لتحمل رأسه على كتفيه • لم يتوقع أحد أن يظل حيا • وكثيرا ما كان يحلو لنيوتن ، بعد أن كبر ، أن يقول ان أمه كانت تذكر دائما أنه ولد صغيرا جدا لدرجة أنه كان يمكن وضعه فى اناء صغير •

مات أبوه قبل ولادته بثلاثة أشهر ، وتزوجت أمه مرة أخرى قبل أن يبلغ الثانية من عمره ، وكفلته جدته العجوز • كان يحيا فى مزرعة منعزلة ، محروما من حنان الأبوين وحبهما ، دون اخوة أو أخوات تجمعه واياهم الصداقة والتنافس • ويرى المرحوم لويس • ت • مور ، واضع

أفضل تاريخ حديث لنيوتن، يرى أن كافة الصفات الانعزالية لهذا العالم يمكن ارجاعها لهـذه الطفـولة الوحيـدة غـير السعيدة ٠

ولما كان نيوتن قد ولد عام ١٦٤٢ ، فانه ترعرع فى عهد سادت فيه « فظائع الحرب الأهلية الطويلة المريرة » ٠ كانت غارات القتل والنهب شيئا طبيعيا ٠ وألقيت ظـلال الشك على جدته « لعطفها على قوات الملك » ٠ وما كان لهـذا الطفل الذى تحيط به المخاوف الحقيقية الى جانب « مخاوف خلقها خياله » ، ما كان له أن يجد الراحة بين أحضان جدته أو أجراء المزرعة ، وكان من الطبيعى ، كمـا لاحظ مور ، أن يستغرق الولد الصغير فى «خضم من تأملاته فى وحدته»، وأن ينمى فى نفسه القدرة على التركيز التام ٠ وصفته فتاة عرفته فى شبابه بقولها انه « شاب هادىء ساكت مفكر ، لم يشاهد وهو يشارك الأطفال لهوهم ولعبهم » ٠

ولا شك أن نيوتن تغلب تماما عـلى ضـعفه الجسـمانى قبل أن يصل الى سن الدراسة اذ تذكر احدى زميـلاته فى المدرسة أنه تحدى صبيا جرما لأنه ضربه فى بطنه ، تحداه « وكال له الضربة حتى هزمه » ٠ ولقد انتصر نيوتن نتيجة « روحه القوية وتصميمه الشديد » ٠ وكان هذا الصبى من أوائل الفصل فقرر نيوتن أن « يهـزمه كذلك فى ميـدان الدراسة » ، « وجاهد حتى نجح فى ذلك ، وظل يتقدم حتى صار أول الفصل » ٠

وعندما بلغ نيوتن الرابعة عشرة من عمره أخذته أمه الى بيتها بعد أن مات زوجها الثانى ٠ حاولت أن تجعل منـه

فلاحا ، ولكنها فشلت كل الفشل ، فقد كان نيوتن عزوفا عن الفلاحة مفضلا عليها القراءة أو عمل النماذج الخشبية بسكينة ، أو حتى الاستغراق في الأحلام • ومن حسن حظ العلم أن تخلت الأم عن محاولاتها وسمحت له أن يعد نفسه لجامعة كامبريدج •

وما ان بلغ نيوتن الثامنة عشرة من عمره حتى التحق بكلية ترينتي • ومرت السنون الأولى من دراسته الجامعية دون أن يلفت النظر بشكل خاص • ثم وقع تحت تأثير اسحاق بارو ، وهو رجل غير عادى يعمل أستاذا للرياضيات • كان رياضيا ممتازا ، وعالما فى الكلاسيكيات ، وفلكيا ، وحجة فى علم البصريات • وكان بارو من أوائل الذين أدركوا عبقرية نيوتن • وبعد أن حصل تلميذه على درجته بقليل ، استقال بارو من كرسى الأستاذية كى يجلس عليه نيوتن وهو لم يتجاوز السادسة والعشرين من عمره • لقد صار نيوتن يحتل منصبا أكاديميا ممتازا وفتحت له الطريق لمتابعة دراساته التى حددت معالم عصر بأكمله •

وكان نيوتن قد غرس فعلا بذور مساهمته الثورية فى ثلاثة فروع متميزة من فروع العلم : الرياضيات ، وميكانيكا الأجرام السماوية ، والبصريات • وما ان تخرج فى جامعته حتى عاد الى منزله فى ولسثورب ، حيث عكف على عمله لمدة ثمانية عشر شهرا يمكن أن توصف ، بحق ، انها أكثر الشهور اثمارا فى تاريخ التخيل الخلاق • والواقع أن نيوتن قد أمضى بقية حياته العلمية فى استكمال كشوفه العظيمة التى توصل اليها خلال هذه الشهور « الذهبية » • وفيما يلى كلماته التى وصف بها ما حققه فى ولسثورب :

« فى أوائل عام ١٦٦٥ وجــدت طريقــة لتقريب المتسلسلات ووجدت قاعدة لاختزال أى أس لكمية ذات حدين الى متسلسلة [أى نظرية ذات الحدين] • وفى مايو من نفس العام توصلت الى طريقة الممارسات لجريجورى وسلازياس ، وفى نوفمبر [كشفت] الطريقة المباشرة للفروق [أى مبادىء الحساب التفاضلى] ، وفى يناير من العام التالى توصلت الى نظرية الألوان ، وفى مايو من نفس العام بدأت فى استخدام معكوس طريقة الفروق [أى حساب التكامل] ، وفى نفس العام بدأت أفكر فى قانون الجاذبية بحيث يشمل مــدار القمر ••• وعندما قارنت بين القوة اللازمة لحفظ القمــر فى مداره وقوة الجاذبية على سطح الأرض ، وجــدت أنهما متقاربتان لحد كبير • ».

ونتيجة لما قام به نيوتن من تحليل الضوء والألــوان ـ وكان قد حفظ لنفسه هذا الكشف على استحياء ـ تمكن من اختراع منظار عاكس يعــالج الزيغ النــاجم عن العدســات المستخدمة فى المناظير الأخرى • وقدم الى الجمعية الملكية فى لندن ملخصا وصف فيه منظاره الجديد ، وسرعان ما انتخب ـ وهو فى سن الثلاثين ـ عضوا فى الجمعية الملكية ، وحظى بذلك على أكبر درجات الشرف العلمية فى انجلترا •

ولقد أخذ نيوتن بهــذه الشــهرة المفاجئة أمام الرأى العام • كان مترددا فى اعلان كشوفه ، ولكنه طلب ، قبل أن ينقضى أسبوع على انتخابه فى الجمعية الملكية ، اذنا لتقديم بحث عن « الكشف الفلسفى » الذى دفعه الى « صــنع هــذا المنظار » • وبلهجة لا يشوبها التواضع الكاذب قال انه توصل

الى « أغرب كشف ان لم يكن أعظم كشف توصـل اليه عالم فيما يتعلق بعمليات الطبيعة » ·

أرسل نيوتن خطابه « الذى يحوى نظريته الجديدة عن الضوء والألوان » الى الجمعية الملكية فى لندن فى السادس من فبراير عام ١٦٧٢ · وكان هـذا الخطاب أول بحث نشره نيوتن ، كما أنه وضع الأساس ، لأول مرة ، لعلم الطيف ، وفتح عهدا جديدا فى تحليل ظواهر الألوان · وفى كلمة ، لقد بين نيوتن كيف أن المنشور الزجاجى يحلل الضوء الى ألوانه المختلفة ذات معاملات الانكسار المختلفة ، وكيف أن منشورا آخر يمكنه أن يجمع هذا الضـوء المتحلل ويعيـده سيرته الأولى · ان هذه التجارب الرائعـة تعـد بمثابة فتح جديد ييسر صياغة نظريات جديدة عن طبيعة الألوان · غير أن هذا البحث لم يلاق التقدير العام الذى توقعه نيوتن ، اذ انهالت على الجمعية الملكية خطابات كثيرة تعـارض نتائج نيوتن ، كتب بعضها رجال عديمو الوزن من الناحية العلمية وكتب البعض علمـاء بارزون مثـل كريسـتيان هيـوجين وروبرت هوك · وانبرى نيوتن ، بصبر عجيب ، يرد عـلى هذه الخطابات الواحد اثر الآخر بحذر وعنـاية ؛ ولكنه لم يكسب الى صفه الا واحدا من هؤلاء المعارضـين هـو الأب الجيزويتى بارديس الفرنسى ·

وكان لهذا الجدل أثره الحاد على شخصية نيوتن ؛ فأقسم أنه لن ينشر كشوفه الأخرى ، وكتب خطابا الى ليبنتز يقول فيه : « لقد آلمنى هـذا الجـدل الذى استشرى نتيجة نشرى لنظريتى عن الضوء حتى لقد أنبت نفسى على كونى قد فرطت فى نعمة الهدوء من أجل الجرى وراء مجرد خيال · أو ظل » ·

ولكنه مع ذلك استمر ينشر بحوثه فقد كان يهدف الى الحصول على تقدير الأوساط العلمية · ولم يتوان أعداؤه عن الاشارة الى هذا الازدواج فى شخصية نيوتن ، وكتب الفلكى جون فلامستيد ، أحد معارضيه ، يصفه بأنه « شخصية خداعة تتميز بالطموح وبالرغبة فى سماع التقريظ ·· ولكنها فى نفس الوقت لا تطيق المعارضة ·· اننى أعتقد انه رجل طيب فى أعماقه ، غير أنه شكاك بطبيمته » ·

وفى كامبريدج ، كان نيوتن مثالا للأستاذ الشارد الذهن · كتب كاتم سره همفرى نيوتن (ليس بينهما ثمة قرابة) ، أنه « لم ير نيوتن : يروح عن نفسه بنزهة فى الهواء الطلق أو بركوب الخيل أو لعب الكرة أو غير ذلك ، فقد كان يؤمن أن كل ساعة لا يصرفها فى دراساته ساعة ضائعة » · وكثيرا ما كان يعمل حتى الثانية أو الثالثة صباحا · وكان يأكل قليلا أو ينسى تماما أن يتناول شيئا من الطعام · وعندما يذكره شخص ما بذلك يذهب الى منضدة الطعام ويتناول « قليلا من هذا أو ذاك وهو واقف » · ونادرا ما كان نيوتن يتناول غذاءه فى قاعة الكلية ، فاذا فعل ذلك « فدون أن يربط حذاءه أو يشد جواربه أو يمشط شعره أو يخلع وشاحه » · وكثيرا ما يقال « ان نيوتن كان يلقى محاضراته فى قاعة خالية بنفس الحماس الذى يلقيها به والقاعة غاصة بالطلبة » ·

★★★

وبعد انتهاء الجدل المستمر بين نيوتن ومعارضيه آثر الانسحاب من أمام الرأى العام كعالم ، وخدم كليته بأن مثلها فى البرلمان واستمر فى بحوثه الخاصة فى ميادين الكيمياء

والخيميــاء واللاهوت والفيزياء والرياضيات • تعرف الى ليبنتز ، معاصره العظيم ، ولكنه رفض أن يقدم اليه شيئا عن كشوفه فى علم الرياضيات • ومن المقرر الآن أن كلا منهما قد توصل بمفرده الى علم التفاضل والتكامل، غير أن الرجلين وأنصارهما قد تعاركا بشدة حول أحقية كل منهما فى هــذا الكشــف واتهم نيوتن ليبنتز بانتحاله لملكيــة غـيره • كان نيوتن غيورا على ملكيته لكشوفه ودراساته حتى لقد صاحب كل كشف حققه فى حياته الخلاقة معركة من نوع أو آخر •

وفى عام ١٦٨٤ طرق باب نيوتن زائر كبير هو الفلكى ادموند هالى • كانت تدور فى رأس هالى مشكلة متعلقة بقوة الجاذبية بين الشمس والكواكب • استنتج ، مع هوك ، على أساس تقارير جوهان كبلر عن حركة الـكواكب ، أن قوة الجاذبية بين الشمس وأى كـوكب من الـكواكب ، تتناسب تناسبا عكسيا مع مربع المسافة بينهما ، غير أنهما لم يتمكنا من اثبات فكرتهما • وتقدم هالى الى نيوتن بسؤال : « ما المنحنى الذى سيتخذه مسار الكواكب اذا افترض أن الجاذبية تتناقص بما يتناسب مع مربع المسافة ؟ » • وأجاب نيوتن « لقد حسبتها » • وتبين هالى من هاتين الكلمتين أن نيوتن قد توصل الى أحد القوانين الأساسية فى الـكون ــ قانون الجاذبية • وأراد هالى أن يطلع فورا على الحسابات ، غير أن نيوتن لم يعثر عندئذ على مذكراته ، ولكنــه وعد بأن يكتب نظرياته ووسائل البرهنة عليها • وتحت الحاح هالى المستمر أكمل الأصول لتقديمها الى الجمعية الملكيــة • وهــكذا ولد كتاب « الفلسفة الطبيعية لمبادىء الرياضيات » الذى عرف منذ ذاك باسم « المبادىء » •

وقبل أن ينشر الكتاب برزت أزمة بين هوك ونيـوتن بخصوص أحقيـة كل منهما فى قانون التربيع العـكسى • وهدد نيوتن بنزع الفصول الأساسية من كتابه ولكن هالى تدخل وظهر الكتاب العظيم دون أن يمس • ولا شك أن هالى قد لعب دورا كبيرا فى اخراج هذا الكتاب ، فالى جانب أنه دفع نيوتن الى كتابته ، كان يراجع الكتاب على الأصول ودفع تكاليف النشر بالرغم من أنه لم يكن ثريا •

★★★

ينقسم كتاب « المبادىء » الى ثلاثة « كتب » • عرض نيوتن فى الكتاب الأول قوانينه الثلاثة للحركة ودرس نتائج قوانين القوة المختلفة • وفى الكتاب الثـانى درس الحركة فى أنواع السوائل المختلفة ، وكان أقل نجاحا فى ذلك اذ أدخل العلماء فى العقود التالية كثيرا من التعـديلات عـلى ما جاء فى هذا الكتاب • وفى الكتاب الثالث ناقش الجاذبية الكونية وبين كيف أن هنـاك قانونا واحـدا للقـوة يفسر سقوط الأجسام على الأرض ، كما يفسر حركة القمر وتوابع المشترى وحركة الكواكب وظاهرة المد والجزر •

وكانت احدى المشكلات المعقدة التى جابهت نيوتن هى اثبات أن الجسم الكروى يجذب الأجسام الأخرى اليه كما لو كانت كتلته متركزة فى مركزه • بدون هـذا الاثبات تظل نظرية الجاذبية باكملها معتمـدة عـلى البـداهة أكثر من اعتمادها على الحسابات المضبوطة • فاذا أخذنا مثلا الحالة البسيطة ، حالة سقوط تفاحة على الأرض ـ التى تكمن فيها الفكرة الأساسية للجاذبية كما يقول نيوتن ـ فاننا سنتساءل : « ما المسافة بين » الأرض والتفاحة ؟ هنـا يأتى حسـاب

التفاضل والتكامل . لقد اعتبر نيوتن أن الأرض مكونة من مجموعة من أحجام صغيرة جدا من المـادة كل منهـا تجـذب التفاحة حسب قانون التربيع العكسى للجاذبية . ثم جمع بعد ذلك قوى الجذب المختلفـة وبين أن النتيجة النهائية مماثلة تماما للنتيجة التى يحصل عليها اذا اعتبر أن كتلة الأرض بأكملها تكمن فى نقطة صغيرة فى مركزها .

وما ان انتهى نيوتن من كتابه « المبادىء » حتى كان يعانى من نوع من « الانهيار العصبى » . كان يشكو من عدم قدرته على النوم ومن فقدانه « لتماسكه الذهنى السابق » . كان يكتب خطابات غاضبة الى أصدقائه ثم لا يلبث أن يعتذر اليهم ؛ كتب مثلا جون لوك يعترض بشـدة عـلى أن هـذا الفيلسوف حاول أن « يقحمه فى أمور نسائية » .

وفى عام ١٦٩٦ تخلى نيـوتن عن حيـاته الأكاديميـة العلمية واحتل مركز محافظ دار سك النقود ثم مديرها . غير أنه ظل يتلقى صنوف التكريم نتيجة لما حققه فى ميدان العلم . وأعطى لقب فارس عام ١٧٠٥ وشـغل لمدة سـنتين منصب رئيس الجمعية الملكية . وفى ربع القرن الأخير من حياته لم يقدم نيوتن اضافات هامة للعلم . قال البعض ان عبقريته الخلاقة قد احترقت ، وقال البعض الآخر أنه ، وقد أقام أسس علم البصريات واخترع حسـاب التفاضـل والتكامل ، وكشف عن نظام حركة الـكون ، لم يعد أمامه ما يضيفه فى ميدان العلم .

وبالرغم من أن نيوتن لم يصل الى كشوف جـديدة فى سنيه الأخيرة الا أن هذه السنين لم تكن مجدبة وخاليـة من

الأفكار . لقد كان شهيرا ومكرما وبلغ درجة من الأمان تسمح له بأن يتأمل فى بعض المشاكل العلمية ويقدم للناس تأملاته. قدم عديدا من الفروض عن « سبب » الجاذبية ، وعن طبيعة « الأثير » ، وعن حجم الوحدات التى تكون المادة ، وقوى الكهربية والمغناطيسية ، وسبب الاستجابة العضلية « لرغبات الارادة » ، ومنبع الاحساسات ، وخلق العالم والمصير النهائى للانسان . ولقد سار الكثيرون من المجربين على هدى تأملات نيوتن فى القرن الذى جاء من بعده .

كثيرا ما يوصف نيوتن بأنه فاتح «عهد التعقل» ، ولقد عبر ألكسندر بوب عن مشاعر عصره فى السطور الشهيرة التالية :

كانت الطبيعة وقوانينها تختفى فى ظلمات الليل
فخلق الله نيوتن ! وعم الضوء المكان

غير أن المرحوم اللورد كينز لفت النظر الى جانب آخر من جوانب نيوتن : سعيه وراء الحصول على اجابة عن لغز الوجود ، واهتمامه البالغ بالخيمياء ، وآراء اللاهوتية غير الأرثوذكسية ، وفلسفته المبهمة ودراساته الدينية . ان كل من يقرأ كتابات نيوتن غير العلمية أو يطلع على التأملات التى نشرها فى كتابه « البصريات » بخصوص نهاية الحياة لن يرضى تماما عن سطور بوب ، ولعله سيفضل كلمات وليم وردزورث التى قال فيها عن نيوتن :

كان فى سكونه وبيده منشوره
عقلا يجوب الى الأبد
بحار الفكر الغريبة وحيدا



روبرت هوك

كل من درس الفيزياء والهندسة ، لابد وأن يعرف اسم روبرت هوك من دراسته لقانون هوك (الاجهاد الميكانيكى أو الاستطالة تتناسب مع الشد) . ان هذا القانون ، والنتائج التى استخلصها هوك منه ، لها أهمية كبيرة تكفى بذاتها لوضع اسمه فى مكان بارز من تاريخ العلم . غير أن هذا القانون لا يمثل الا جزءا من الأعمال التى حققها هوك ، فهو قد أسهم بشكل قيم فى كافة فروع العلم التى كانت معروفة فى عصره . لقد عبر العلماء الذين درسوا أعماله ، أو بعض جوانب منها ، عن اعجابهم الشديد بعبقريته المتعددة الجوانب وبكشوفه الواسعة المدى ، الا أن أعمال هوك ، مع ذلك ، ليست معروفة بالدرجة الكافية .

ولد روبرت هوك فى الثامن عشر من يوليو عام ١٦٣٥ فى قرية « فرشواتر » بجزيرة وايت الى جوار الشاطىء الجنوبى من انجلترا . كان أبوه يعمل كاهنا هناك ، وكان يحيا فى بيت صغير ظل قائما فى مكانه حتى بداية القرن الحالى . كان روبرت طفلا ضعيفا منذ ولادته ولم تتحسن صحته بشكل ملحوظ طوال حياته . كان يشكو الصداع ، وهو شاب صغير ، ولعله من المؤكد أن السبب فى ذلك هو التهاب مزمن فى جيوبه الأنفية . وتدلنا المذكرات التى كتبها فى منتصف حياته ، أنه كان فريسة لنزلات البرد

وعسر الهضم ، حتى لقد كان يسرع بتدوين أية وجبـة من الطعام يستريح لها ، كمـا كان فريسـة للدوخة والأرق والأحلام المزعجة التى تراوده عندما ينام • ولعله يجدر بنا أن نتذكر هذه الآلام المزمنة التى لازمته عنـدما نستمع الى اللوم الذى كان ينهال عليه نتيجة لسرعة تهيجه •

وبالاضافة الى ذلك لم يكن هوك جميـل المنظر اذ يصفه معـاصروه بأنه كان رفيعـا منحنيـا لا ترتاح العين كثيرا لرؤيته ، فمه واسع رفيع وذقنه مدبب • ويشـير صـامويل بيبيز الى مظهر هوك فى مذكراته ، بعـد زيارته للجمعيـة الملكية فى الخامس عشر من فبراير عام ١٦٦٥ ، بقـوله : « كان مستر بويل حاضرا الاجتماع ، وكذلك مستر هـوك الذى اعتبره من أعظم من رأيت فى حياتى ، وان كان مظهره ينم عن عكس ذلك » •

وعندما بلغ هوك الثالثة عشرة من عمره مات أبوه • وتمكن الصبى بطريقة ما من أن يصير « صبيا » عند السـير بيتر ليلى الرسام الشهير فى لنـدن • غـير أن روائح زيوت البويات زادت حالة الصداع لديه سـوءا وسرعان ما ترك هذا العمل ليذهب الى المدرسة فى وست مينستر حيث حظى بتقدير ناظر المدرسة الشهير الدكتور بزبى الذى ظل صديقا له طوال حياته • كان أبوه قد ترك له مائة جنيـه ، وهـو مبلغ كبير القيمة اذ ذاك • وعندما بلغ هـوك الثامنة عشرة من عمره التحق بجامعة أكسفورد وهـو عـلى معرفة محدودة باللاتينية والاغريقية ومبادىء الهندسة • كان قد اكتسب مهارة كبيرة فى الأعمال اليدوية بالخشب والمعادن ، وكذلك فى الرسم (كما وضح فى الرسوم التى صنعها بعد ذلك) ،

وكان لديه من المقدرة الموسيقية القدر الذى مكنه من الحصول على منصب عازف فى كنيسة المسيح وهى احدى كليات جامعة أكسفورد . استطاع هوك أن يعول نفسه من مرتبه كعازف الى جانب عمله كخادم لشخص يدعى مستر جودمان .

★★★

وفي اكسفورد كانت هناك مجموعة من الشبان اللامعين الذين وجهوا اهتمامهم العميق الى العلوم التجريبية ، وكانت اذ ذاك شيئا جديدا . كان من بينهم كرستوفر رن وروبرت بويل اللذان كان لهما أثر كبير على مستقبل هوك . كان بويل أكبر من هوك بثمانى سنوات ، ميسور الحال ذا وضع مرموق ، فهو الابن السابع والطفل الرابع عشر لايرل كورك « العظيم » . وكان يقال فيما بعد ان بويل « أبو الكيمياء وأخو ايرل كورك » . وحوالى عام ١٦٥٥ ، وهوك مازال طالبا فى جامعة أكسفورد ، ألحقه بويل كمساعد له فى تجاربه . ويرجع الفضل الى هوك فى تصميم وصنع المضخة الهوائية التى وصفها بويل فى كتابه الأول ، بل ان كثيرا من الأدلة يشير الى أن هوك هو بالفعل صاحب «قانون بويل» .

وكان أول كتاب نشره هوك عام ١٦٦١ ، وهو كتاب صغير ، يعالج ظواهر التوتر السطحى وخاصة ظاهرة ارتفاع السوائل فى الأنابيب الشعرية ، وهو لم يذهب الى حد تفسير هذه الظواهر ، غير أن كتابه يحوى ملاحظات هامة وتسرى فيه روح التجريبية بشكل واضح . لقد أدرك مثلا أن العامل الذى يدفع بالسوائل الى الارتفاع فى الأنابيب الشعرية ، هو الذى يؤدى كذلك الى أن تطفو الأجسام الصغيرة على

السطوح السائلة والى أن ترتفع العصارة فى الشجرة والزيت فى فتيل المصباح .

وكان أول اختراع هام توصل اليه هوك هو عجلة الضبط فى الساعة . ولقد أدى هذا الاختراع الى أول مناقشة عنيفة من تلك المناقشات التى قدر لها أن تنغص أغلب حياته وتسمم علاقاته مع بعض معاصريه . والواقع أن قصة هذا الاختراع غير واضحة تماما . كانت الساعات ، قبل هوك ، تضبط بواسطة قضيب هزاز يتحرك الى هنا والى هناك نتيجة تأثير أسنان عجلة الافلات . وكانت هذه الساعات تنقصها الدقة حتى لقد اتخذ شكسبير من ساعات عصره التى كانت تسمى « بيض نورمبرج » مثلا لعدم الدقة حين قال :

المرأة ، مثل الساعة الألمانية
دائما فى التصليح ، ودائما خارج غلافها
ودائما غير مضبوطة : فهى ساعة ...

ليس ثمة شك فى أن هوك قد فكر فعلا فى استخدام الزنبرك للتحكم فى ذبذبات عجلة الضبط فى الساعة ، وأنه عمل على تسجيل هذا الاختراع قبل عام ١٦٦٠ . ولعله من المحتمل أنه قد اخترع ، بعد بضع سنوات ، الزنبرك اللفاف الذى استخدمه فيما بعد (عام ١٦٧٥) كريستيان هيوجين . غير أن هوك فشل فى نشر هذا الاختراع على الملأ ، وفسر ذلك الفشل فيما بعد على أنه يرجع الى خلافات برزت بينه وبين معضديه فى عملية التسجيل . وما أن بلغت هوك أخبار اختراع هيوجين حتى سارع بتقديم مذكرة الى الجمعية

الملكية يطلب اعترافها بسبقه لهيوجين فى هـذا الاختراع ، غير أن الجمعية لم تؤازره ، فقد كان سكرتيرها فى ذلك الوقت، ويدعى أولدنبرج ، رجـلا متآمرا أعطاه هيـوجين حقـوق التسـجيل لهـذا الاختراع فى انجلترا • ولقـد اعترف أولدنبرج ، عدو هوك ، بأن الأخير قد « صنع بعض الساعات من هذا النوع » قبل ١٦٧٥ ، غير أنه ذكر أن هذه الساعات لم تعمل ـ وأنى له بمعرفة هل كانت تلك الساعات تعمـل أم لا !!

وفيما يلى تلخيص قدمه الحجة الانجليزى آ • د • هول، الذى درس موضوع اختراعات هوك لضبط الوقت دراسـة محققة : « لا يسعنا الا أن نعجب بروعة هوك عندما ينطلق متعمقا الى قلب المصاعب : ان المنوسة (★) وميزان الضبط المستقل ، ومعوق الافلات ، كلها بمثـابة الكشـوف الأولى الناجحة لضبط الوقت • وان هوك صاحب الفضل فيهـا ، لقد كشفها وقدمها ، بشكل فج حقا ، ولكنه واضح ومبدع • ولـو أن كشـوفه تضمنت وسـيلة لتعويض الارتفـاع أو الانخفاض فى درجة الحرارة ، اذن لكان قد قدم لنا كافة المبادىء الأساسية فى ضبط الوقت » • وكثيرا ما يقال ان الفضل يرجع الى هوك فى اختراع مرساة الافلات للساعات ذات البندول ، غير أن الأدلة التى تعضد هذا الرأى ليست كافية • والواقع أن ما فعله هوك بصدد هذه القصة ، قصـة الساعة ـ قدرته العميقة الشاملة على حل المشاكل الرئيسية ، وتسرعه ، وجوانب النقص فى تسجيلاته ـ يعتبر مثلا لمـا يتصف به أغلب أعماله •

★★★

(★) هى اداة للاحتفاظ بتناسق حركة البندول ـ (المترجم) •

وفى عام ١٦٦٢ ، عندما صار للجمعية الملكية ميثاقها الخاص ، قررت تعيين هوك وكيلا لها • كانت مهمته أن يقدم للجمعية فى كل اجتماع لها « ثلاث أو أربع تجارب هامة » • وكانت الجمعية تجتمع مرة كل أسبوع ! ولقد تمكن هوك حقا من تقديم عدد كبير من التجارب المختلفة التى كان أغلبها من ابداعه • وظل هوك لا يقبض مليما واحدا عن هذا العمل لمدة عامين كان عليه خلالهما أن يدبر شئونه بوسيلة أو بأخرى • ومن المؤكد أنه كان مشغولا بشكل قاس فى ذلك الحين • وفى عام ١٦٦٥ أصدر كتابه العظيم « الصور الميكروسكوبية » ، وهو يكفى « فى حد ذاته » لوضع هوك بين رجال العلم البارزين • ويقول بيبيس ، وهو ليس من رجال العلم ، ولكنه من رجال الفكر البارزين الذين يعتد برأيهم : انه ظل حتى الثانية صباحا يطلع على هذا « الكتاب المبدع الذى لم تقع عيناى على ما هو أروع منه » • وكان لهذا الكتاب أثر هام فى الدوائر العلمية سواء فى انجلترا أو فى القارة ، وأكد أهمية هوك العلمية وعزز اسمه بين العلماء •

والواقع أن هذا الكتاب يضع هوك ضمن مؤسسى الدراسات الميكروسكوبية فى علم الحياة ، مع أنطون فان لوينهوك ومارشيلو والبيجى ونهميا جرو • وصف هوك فى هذا الكتاب أول ميكروسكوب مركب يمكن استخدامه عمليا ، ويتركب من عدسة شيئية نصف دائرية وعدسة عينية كبيرة مستوية من جانب ومحدبة من جانب آخر ، ولا يستخدم منها الا المركز • ويمكن وضع عدسة ثالثة فى أعلى الأنبوبة الأسطوانية لاستخدامها كعدسة ميدان ، غير أن هوك لم يكن يستخدم هذه العدسة الا اذا أراد أن يرى قطاعا

كبيرا من الشيء مرة واحدة • وكان هـوك يضـبط الرؤية بوساطة مسمار متحرك يرتبط بالعينية • ولقد ناقش هوك نقائص هذا الميكروسكوب بشكل عميق واقترح فيما بعد استخدام عدسة شيئية متغمسة •

وتتضح روعة هذا الجهاز وعبقرية ومهارة هـوك فى اللوحات التى رسم فيها حوالى ٦٠ شيئا ميكروسكوبيا • ان هذه اللوحات تكشف عن عدد من الكشوف الأساسية فى عالم الحياة ، فقد وصف ، مثلا ، العين المركبة للذبابة ، وشاهد أطوار نمو يرقة البعوض ، ووصف تركيب ريش الطيـور بشكل ظل المرجع الرئيسى خلال مائتى عام • وتدعو رسومه عن القملة والعتة والبرغوث (وهى مكبرة الى طول حوالى ١٦ بوصة) ، الى العجب من حيث الدقة والتفاصـيل الـواردة فيها • كما قدم ملاحظات مبدعة عن الفطريات وابرة النحلة وغيرها • وعنـدما وصف تركيب الفلين ، اسـتخدم كلمـة « الخلية » لأول مرة بالمعنى البيولوجى • ولم يوجه هـوك ميكروسكوبه الى الكائنات الحية فحسب ، بل وجهه أيضـا الى الجماد • كان أول من استخدمه لدراسة المعادن ، مثـل طرف الدبوس وحافة الموسى والكرات الصغيرة من الصـلب التى حصل عليها بضرب الصلب بحجر الصوان ، كما شـاهد بلورات الثليج الجميلة ورسمها •

★★★

كان هوك اذن ، رائدا كبيرا فى ميـدان الدراسـات الميكروسكوبية ، مشهودا له بالأصالة سواء فى تصميم هـذه الأجهزة وما يتصل بها من أجزاء ، أم فى استخدامها لرؤية الأشياء الصغيرة وتفسير ما رآى • غير أن كتابه « الصـور

الميكروسكوبية » لم يكن قاصرا على هذه الدراسات ، بالرغم من اسمه ، فقد جاءت به أعمـال هامة فى كثير من فروع العلم . لقد وصف هوك فى هذا الكتاب أول جهـاز لقياس الانكسار للسوائل ، وأول بارومتر دائرى ، وترمومترا مقفلا ومليئا بالكحول ، ومرطابا يقيس رطوبة الجـو باسـتخدام سـاق نبات الشـوفان البرى التى تختلف درجة التوائهـا باختلاف نسبة الرطوبة فى الجو . وكان هوك أول من اقترح اتخاذ نقطة تجمد الماء كدرجة الصفر ، « الماء العادى المقطر الذى برد حتى بدأ فى التجمد والتندف » ، كما صنع نماذج لكافة أجهزة الأرصاد الجوية التى تستخدم الآن ، تقريبا ، مقياس سرعة الهواء ، جهاز قياس ذاتى للأمطار ، « وساعة جوية » تسجل بشكل آلى قياسات الأجهزة المختلفة بعـلامات على أشرطة من الورق . ولقد شهد أعضاء الجمعية الملكيـة هذه الساعة وهى تعمل ، غيـر أنهـا كثيرا ما كان يصيبها العطل .

ولا شك أن هوك يعتبر واضـع أسس علم الأرصـاد الجوية ، اذ كان أول من أشـار بوضوح الى أن الانخفاض السريع فى الضغط الجوى ينبىء بقيام العواصف ، وكان أول من فسر دورة الغلاف الجوى حول القطب . وأول من فسر الأحوال الجوية على أساس قوى فيزيائية تتحكم فيهـا الاشعاعات المنبعثة من الشـمس وحـركة دوران الأرض . وتمكن من وضع جدول لتسجيل الأرصاد الجوية بطريقـة منتظمة .

ولا يتضمن كتاب « الصور الميكروسكوبية » نظريات هوك عن الأحوال الجوية ، غير أنه يتضمن كثيرا من الكشوف

الهامة الأخرى والاقتراحات النظرية ، التى لم يتتبعهـا الى نتائجها الطبيعية . لقد أثبت ، عن طريق عدد من التجارب الرائعة ، ان التمدد الحرارى صفة من صفات كافة السوائل والأجسام الصلبة ، وقدم ، بوضوح ، النظرية الميكانيكيـة للحرارة قائلا ان الحرارة « ما هى الا تهيج فجـائى شـديد لأجزاء من الجسم » . ولكي يعضد هذه الفـكرة أوضح أن الاحتكاك الميكانيكي يؤدى الى انبعاث الحرارة وأن الشرارات المتطايرة من الصلب عبارة عن جسيمات كروية من المعدن ـــ الشيء الذى يثبت أنها فى حالة انصهار . وبين أن الخشب المسخن فى آنية مقفلة لا يحترق اذا كان بمعزل عن الهواء ، ووصل من ذلك الى وضع النظرية القـائلة بأن الأجســام القابلة للاحتراق انما تحترق لأن الهواء يحتوى عــلى مادة « ذائبة » فيه « تشابه المادة الموجودة فى ملح بيتر (نترات البوتاسيوم) ؛ ولكنهـا ليست هى نفســها تماما » (أى مادة الأكسجين) ، وان هذه المادة تستهلك فى عمليــة الاحتراق بحيث يتطلب الأمر امدادا مستمرا من الهواء (ولقد أخذ الكيميائى الانجليزى جون مايو هذه الفكرة دون أن يشــير الى هوك) . وكذلك كانت ملاحظات هوك عن ظاهرة التنفس تعكس عمقا كبيرا فى تفكيره . والواقع أن ادراكنا لعبقرية هوك يتطلب منا أن نقرأ آراء الآخرين فى عصره عن هــذه المواضيع .

وعندما فحص هوك بلورات الكوارتز فى حجر الصوان قال بأن التركيب البلورى ظاهرة عامة لمختلف المواد وبالذات الأملاح والمعادن ، ثم استخدم بعد ذلك رصاصـــات كروية لعمل نماذج للبلورات تبدو وكأنها نماذج حديثة . ومن

المهم أن نشير الى أنه ذكر أن الصخور الملحية « تتكون من كرات فى وضع تكعيبى » .

★★★

ولاحظ هوك ألوان الرقائق الرفيعة ـ مثل رقائق الميكا أو الهواء المحصور بين لوحين زجاجيين او فقاعات الصابون ـ واستنتج بجرأة أن هذه الالوان ناجمة عن فعل الضوء المنعكس من سطح الرقيقة وظهرها . ووضع نظرية عن الضوء مؤداها أن الضوء ناجم عن ذبذبات سريعة للجسم المضىء وأن الموجات الناتجة تحمل على ظهر الأثير الموجود فى كل مكان . ولا شك أن جوانب كثيرة لنظريته الخاصة بالضوء والألوان غير واضحة ، غير أن تأملاته هذه تحوى كثيرا من الحقائق . انه لم يكتب فى هذه النظرية سوى بضع صفحات غير أن اسحاق نيوتن ، كما نعلم ، قرأ هذه الصفحات بدقة كبيرة .

وينتهى كتاب « الصور الميكروسكوبية » ببضع صفحات عن مواضيع فلكية ، وهو شىء غير منتظر فى كتاب عن الصور الميكروسكوبية . لقد أشار هوك ، لأول مرة ، الى التأثير الانكسارى للغلاف الجوى على الضوء الذى يصلنا من الأجرام السماوية . وكذلك ذكر تجربتين قام بهما لمعرفة كيف تتكون البراكين على القمر . أطلق فى الأولى قذائف على مزيج من الطمى والماء ، ولاحظ فى الثانية كيف تنبعث الفقاقيع من سطح الألباستر المصحون المندى عندما يقف غليانه . لقد حصل فى الحالتين على حفر تماثل فى شكلها البراكين التى تتكون من سقوط بعض الشهب على سطح القمر ، أو من انطلاقات بركانية من داخله .

ان هـذا الكتـاب الرائع الذى كتبـه شاب لم يتجاوز التاسعة والعشرين من عمره ، يصور لنا عقـلا تنطلق منـه الأفكار الجديدة المذهلة في صحتها عن كل جوانب العلم كمـا تصور لنا ذهنا تجريبيا رائعا . وعندما نشر هـذا الكتـاب كانت تجرى أحداث هامة سواء فى انجلترا أو فى حيـاة هوك • أدى انتشار الطاعـون فى عام ١٦٦٥ والحـرائق الهائلة في عام ١٦٦٦ الى تدمير جزء كبير من لندن والحياة فيها • وسرعان ما تصدى هوك لمساعدة صديقه كرستوفر رن في اعادة بناء المدينة • عين هوك ملاحظا للمدينة ، ولعـل هذه أول مرة يتخلص فيها من مشـاكله المالية • وما ان مر أسبوع على انتهاء الحرائق حتى وضع هـوك أمام الجمعيـة الملكية نموذجا لاعادة بناء لندن على إساس مربع ، ولقـد طبقت نيويورك مثل هذا النموذج فيما بعد ! كان هـوك ، بالاضافة الى كل ما تقدم مهندسا ماهرا ، وصمم كثيرا من مبانى لندن المعروفة •

ولم يتوقف نشـاط هـوك العلمى مطلقا ، ففى عام ١٦٧٤ نشر بحثا عرض فيه محاولة منظمة لمشـاهدة تزيح الضوء المنبعث من النجوم • ولكى يقيس المسافات الزاوية بين الأجرام السماوية صمم آلة ربع جديدة تعتبر أول آلة تلسكوبية تضبط بمسمار محوى • وكان هذا الجهاز بمثابة تقدم هائل بالنسبة للأجهزة ذات الرؤية المباشرة التى صنعنها معاصره هفلياس من دانزج • ويجدر بنا أن نذكر أن هوك لم يصمم هذا الجهاز الجـديد أو يحسنه فحسب ، بل كان مدركا تماما لمزاياه • لقد وجد بالقياسات أن قدرة العين التحليلية لا تتجاوز قوسا قدره دقيقة واحدة ، وأن التلسكوب يزيد كثيرا من هذه القدرة التحليلية •

كان هوك أبرز صانع للأجهزة في عصره ، ولقد وصف ، في نفس البحث ورسم تلسكوبا استوائيا يدار بالساعة ، ذلك أن أول تلسكوب من هذا النوع صنع في فرنسا بعد هوك بسبعين عاما ٠

وعندما يريد المرء أن يكتب عن هوك لا يسعه الا أن يكدس كوما من الكشوف ، ونحن لا يمكننا أن نقدم هنا قائمة بهذه الكشوف ، غير أنه يجب علينا أن نذكر كلمة عن كتاب له ظهر عام ١٦٧٨ عرض فيه قانون هوك والاستنتاجات المستمدة منه ٠ لقد بين أن ذبذبات جسم مرن ، حيث القوة التي تعمل على اعادته الى وضعه الأول تتناسب مع زحزحة هذا الجسم ، تستغرق نفس الفترة مهما كانت درجة الذبذبة ٠ ويعتبر هذا الكشف في غاية الأهمية ٠ ومن هذه الدراسة للذبذبات توصل هوك الى وضع نظرية عامة ، ولو أنها فجة بالضرورة ، عن حركة المادة مؤكدا أن حركة جسيمات المادة تفسر لنا كثيرا من الظواهر ٠

وفي عام ١٦٧٧ مات أولدنبرج وعين هوك سكرتيرا للجمعية الملكية ٠ ولم يلبث أن كتب الى نيوتن يطلب منه أن يقدم للجمعية بحثا من بحوثه ٠ كان الجدل قد استعر بين العالمين من قبل بخصوص طبيعة الضوء ، وكان أولدنبرج يؤجج نار الخلاف ، غير أن خطاب هوك الآن كان وديا ٠ وتبودلت الرسائل بين العالمين ، ولكن العداء عاد بينهما من جديد ٠ كان هوك قد نشر في عام ١٦٧٤ القواعد الثلاث التالية : أولا ، ان كافة الأجرام السماوية لها جاذبية تتجه نحو مركزها ٠ وثانيا ، ان كافة الأجسام تستمر في الحركة في خط مستقيم الا اذا تعرضت لجذب قوة أو أخرى ٠

وثالثا ، ان قوة الجذب تتناقص مع ازدياد المسافة حسب قانون لم يعرفه هوك وقتئذ • وكان نيوتن قد توصل بنفسه الى هذه النتائج ولكنه لم ينشرها أو يتحدث عنها ، الشيء الذى يؤكد أن هوك توصل اليها مستقلا عن نيوتن • وفى عام ١٦٨٠ كتب هوك الى نيوتن يسأله عن المدار الذى ستتخذه الكواكب على أساس افتراض أن قوة الجاذبية تتناسب عكسيا مع مربع المسافة • ولو أن هوك قد تمكن نفسه من استخلاص النتائج الرياضية لقواعده هذه بخصوص مدارات الكواكب ، لحل المشكلة العظيمة •• مشكلة النظام الشمسى الذى يرجع الى نيوتن فضل حلها • كم اقترب هوك من هذا الهدف بفضل حاسته العلمية العميقة !

وعندما علم هوك أن كتاب نيوتن « الأسس » ، الذى نشر بعد ذلك بست سنوات ، يحتوى على عرض للنظام الشمسى على أساس من القواعد التى وضعها ، دون اشارة له ، تضايق كثيرا • انه لم يكن يطلب أكثر من مجرد الاشارة الى أعماله فى هذا الصدد ، غير أن نيوتن ، وكان بدوره سريع التهيج ، رد على ملاحظة هوك بعدم ذكر اسمه لا فى كتاب « الأسس » ولا فى كتاب « الظواهر الضوئية » الذى نشره بعد وفاة هوك • ان هوك الذى كانت تنقصه الكياسة ولا ينقصه الكرم يستحق من المرء كل العطف •

وفى عام ١٦٨٢ ترك هوك سكرتارية الجمعية ، ولكنه ظل يقدم بحوثه الى الجمعية فى مختلف المواضيع ، من طبيعة الذاكرة ، الى الشهب • وعندما توفيت ابنة عمه عام ١٦٨٧ ، وكانت تعيش معه لعدة سنوات ، كانت الصدمة قاسية عليه • وبعد بضع سنوات تدهورت حالته الصحية بشكل كبير ،

ولكنه ظل متمسكا بأهداب الحياة حتى عام ١٧٠٣ • وعند وفاته أقيم له جناز محترم حضره كل أعضاء الجمعية الملكية الذين كانوا في لندن اذ ذاك • غير أنه لمما يدعو الى الأسف أن مكان قبر هذا الرجل التعس غير معروف •

★★★

وما ان مر عامان على وفاة هوك حتى ظهر كتاب «أعمال روبرت هوك» في مجلد واحد يبلغ حوالى ٤٠٠٫٠٠٠ كلمة • ولقد تم تحضير هذا الكتاب من مسوداته التى لم تنشر ، وأغلبها محاضرات • ان هذه الصفحات الرائعة التى يضمها هذا الكتاب تعطى هوك الحق فى أن يحتل مكانه بين رواد علم الجيولوجيا وعلم التطور الى جانب الميادين الأخرى • لقد أدرك أن الحفريات ان هى الا سجل للحياة القديمة على ظهر الأرض ، وأشار الى أنه فى استطاعة المرء أن يزيف العملة أو الميداليات أو الوثائق ، « ولكن خصائص هذه الحفريات لا يمكن أن يزيفها أمهر مزيف فى العالم ، ولا يمكن أن يشك فى مظهرها أى فاحص غير متحيز • وبالرغم من أنه يصعب جدا قراءتها أو استخلاص التتابع الزمنى منها أو تحديد فترات الزمن التى شاهدت هذه الكارثة أو تلك الطفرة ، الا أن هذا ليس مستحيلا •• » • قارن بين هذه العبارات والقصص الخرافية التى كان يذكرها معاصروه عن هذه المواضيع !

يستطيع المرء أن يملأ الصفحات التى يعدد فيها كشوف هوك التى يكفى واحد منها لتخليد اسمه ، والتى نسب الكثير منها الى رجال جاءوا من بعده • ولنلق نظرة على اجتماع واحد من اجتماعات الجمعية الملكية • جاء فى محضر اجتماع

٢٧ يوليو عام ١٦٨١ ما يلى : « عرض مستر هوك اختراعه الجديد عن فتحة فى التلسكوبات الطويلة يمكن أن تفتح أو تقفل كانسان العين ، تاركة ثقبا مستديرا فى منتصفه الزجاج بالحجم المطلوب · ولقد قدرت الجمعية هذا الاختراع · وعرض كذلك تجربة لاحداث الأصوات الموسيقية وغيرها من الأصوات باستخدام أسنان فى عجلات من النحاس بحيث تكون هذه الأسنان متساوية الحجم للأصوات الموسيقية ومختلفة للأصوات الأخرى » · اننا نقابل فى هذه السطور ، الحجاب القزحى الذى يعتبر عادة من اختراعات القرن التاسع عشر ، ثم شكلا متقدما من الآلة الصوتية التى تعرف باسم عجلة سافارت ، نسبة الى رجل فرنسى يرجع اليه الفضل فى اختراعها عام ١٨٢٠ · وكذلك عرض هوك فى نفس الاجتماع اختراعا ثالثا هو المنظار الشمسى ·

ولقد آثرت أن أتجنب التبويب المنظم لأعمال هوك ؛ لأن القصة الزمنية تذكر لنا بشكل أوضح وأصدق كيف كانت الاختراعات والكشوف والتنبؤات تنطلق الواحد بعد الآخر من ذهن ذلك الرجل العجيب · ولقد أصاب جون وارد كبد الحقيقة عندما قال عام ١٧٤٠ : « لو أن هوك كان أكثر اتزانا وعمد الى استكمال كل كشف يصل اليه قبل أن ينتقل الى كشف آخر ، لكان من المحتمل فى بعض الحالات أن يؤدى خدمات أعظم ، ولاستطاع أن يتخلص من ذلك القلق المستمر الناجم عن خوفه من أن يحصل آخرون على فضل يستحقه هو ، مع أنهم يبنون على الأسس التى وضعها هو » ·

★★★

ولقد صنع هوك المريض المجهد فى العمل الذى حسده الكثيرون وهاجمه من هم أقل منه شأنا وخادعه البعض ،

صنع لنفسه كثيرا من الأعداء ، ولكنه مع ذلك اكتسب صداقة بعض الشخصيات البارزة فى عصره مثل أستاذه بزبى وجون ايفلين وتوماس سيدنهام وكوستوفر رن • وكان هوك يكن دائما أشد أنواع الاعجاب بالعالمين رن وبويل • ومع أنه كان سريع الغضب الا أنه كان شجاعا ومعتدا بنفسه وعلى استعداد تام لتقدير كل معونة أو عطف ، وسريع العفو عن أى ضرر أصابه من جانب عظماء الرجال الذين يقدرهم حق قدرهم • ولقد تمنى ل•ت• مور ، وهو يؤرخ حياة نيوتن ، لو أن ذلك العالم الكبير استطاع « وهو فى أوج شهرته ومجده أن يعبر عن تقدير أكبر وعطف أشد (لهوك) ذلك العالم الذى كان يتمتع بروح قوية وذهن متقد سجينين فى جسد مريض » •

والواقع أن هوك كان متسرعا لا صبر له مع الأغبياء ولا قدرة له على تحمل الاعوجاج ، وهى صفات قد يتبرم بها اذا اتصف بها شخص تافه ، ولكنها لا تنقص قدر الرجل العظيم •• وصفه صديقه وناشر كتبه بالكلمات التالية : « كان هوك يتمتع بقدرة كبيرة على الحكم على خصائص الآخرين » ، وهى صفة لا تخلو من بعض المخاطر • وكانت تنقصه القدرة على الاقتراب من الناس برقة وكياسة وعلى تحليل دوافعهم واخفاء رأيه فيهم ، وهى كلها صفات هامة لنجاح الانسان فى هذا العالم ، ولعل أحد أخطائه الكبيرة أنه كان حساسا • ولا شك أننا نعتقد جميعا أن هوك كان سيلاقى معاملة أفضل لو أنه وجد فى عصرنا الحاضر ••• من يدرى !

★★★

لابــــلاس

كان مؤرخو العلوم على حق عندما أطلقوا على الماركيز دى لابلاس اسم نيوتن فرنسا · انه استحق ذلك الاسم بفضل أعماله الضخمة فى ميكانيكا الأجرام السماوية التى توج بها جهود ثلاثة أجيال من علماء الفلك الرياضيين ، ولأنه قدم للعالم قاعدة عامة يمكن تطبيقها فى كافة ميادين علم الفيزياء · أما المؤرخون الذين اهتموا بتاريخ حياته فقـد وجدوا فيه شخصا يدعو الى الاهتمام أكثر منه رجل علم ، بالرغم من أن أثر شخصيته أقل من أثره كعالم · كان شخصا يجمع كثيرا من الصفات التى امتزجت بشكل غريب · كان طموحا دون أن تنقصه المودة ، وكان لامعا ولكن لا يتورع عن سرقة أفكار غيره بكل بســاطة ، وكان مرنا بحيث يصــبح جمهوريا أو ملكيا كما تدعو الأحوال فى زمنه الكثير التقلب، زمن الثورة الفرنسية ·

ولد بيير سيمون دى لابلاس فى قرية بومونت ـ أن ـ أوج بمقاطعة نورماندى التى تطل عــلى القناة الانجليزية فى الثالث والعشرين من مارس عام ١٧٤٩ · أما الحقائق المتعلقة بحياته ، وخاصــة الفترات الأولى منهــا ، فقليلة ومتباينة ، ذلك أن أغلب الوثائق الأصلية التى تتناول تاريخ

حياته احترقت خلال الحريق الذى دمر قصر حفيده الكونت كولبرت لابلاس عام ١٩٢٥ ، كما فقد جزء آخر خلال الحرب العالمية الثانية عند القاء القنابل على مدينة كان ٠ ولقد انتشرت آراء كثيرة خاطئة حول حياة لابلاس كالقول ان أباه كان فلاحا فقيرا ، وان بعض جيرانه الأثرياء هم الذين تكفلوا بتعليمه ، وانه حاول اخفاء «نشأته المتواضعة» بعد أن صار شهيرا ٠ وتدل البحوث الحديثة التى قام بها عالم الرياضة السير ادمون ويتاكر أنه مهما كانت الأسباب التى دعت لابلاس الى تحفظه عند الحديث عن طفولته ، فان فقر والديه ليس سببا منها ، فقد كان أبوه يملك ضيعة صغيرة ، وكان يعمل رئيسا فى احدى الأبراشيات ، وكانت أسرته من « بورجوازية الأرض الميسورة الحال » ٠ كان أحد أعمامه جراحا والعم الآخر قسيسا ٠ ويقال ان هذا العم القسيس الذى كان يعمل مدرسا فى الدير البندكتى فى بومونت قد آثار فى الصبى حب الرياضيات ٠ ولقد اعتقد الناس لفترة من الزمن أن لابلاس سيسير على نهج عمه ويصبح قسيسا ، غير أن الفتى أظهر كفاءاته الرياضية فى جامعة كان التى دخلها وعمره لم يتجاوز السادسة عشرة ٠ لقد كتب فى هذه السن بحثا عن علم التفاضل والتكامل للفروق المتناهية فى الصغر ونشره فى مجلة علمية كان يشرف عليها جوزيف لويس لاجرانج ، العالم الرياضى الكبير ، الذى كان يكبر لابلاس بثلاثة عشر عاما والذى تعاون معه فيما بعد ٠

★★★

وما ان بلغ لابلاس الثامنة عشرة من عمره حتى شد الرحال الى باريس وهو يحمل خطابات توصية حارة الى جين

لوروند دلامبير أبرز عالم فرنسى فى الرياضيات • ولـكن دلامبير تجاهل هـذه التوصيات • ولم يفت ذلك فى عضـد لابلاس فأرسل الى العالم الكبير رسالة تضم بحثا عن القواعد العامة للميكانيكا • وكان لهذه الرسالة أكبر الأثر على العالم الكبير الذى أرسل فى طلب الشاب المبكر النضج وقاله له : «يا أيها السيد ، أنت ترى بأننى لا ألقى بالا الى التوصيات• والواقع أنك لست فى حاجة الى توصية • لقـد عبرت عن كفاءتك وهذا يكفينى ، اننى سأقف الى جانبك » • وسرعان ما كفل له دلامبير مركز أستاذ الرياضيات فى مدرسة باريس العسكرية •

وشق لابلاس طريقه بسرعة ، وبشكل رائع • قدم الى أكاديمية العلوم بحثا وراء بحث مستخدما قدرته الرياضية الهائلة فى حل المشكلات المتعلقة بنظرية دوران الكواكب • ولقد علق أحد علماء الأكاديمية على ذلك بقوله : « اننا لم نر شابا يقدم فى هذا الوقت القصير هـذا العدد الكبير من البحوث المتعلقة بمشاكل صعبة ومتعددة الجـوانب مثـل لابلاس » •

★★★

وكانت احدى المشكلات التى جرؤ لابلاس على التعرض لها هى « الرجوع » فى حركة الكواكب • كان معروفا منـذ زمن طويل أن الكواكب لا تتحرك بشكل منتظم ، فقد أشـار الفلكى الانجليزى ادمون هالى ، مثلا ، الى أن كوكبى المشترى وزحل يتأخر أحدهما عن الآخر ، خلال الأجيال ، ثم يعـود فيسبقه وكأن بينهما نوعا من السباق يحتلان فيه أماكن غير الأماكن المنتظرة • كان استخدام نظرية نيوتن عن الجاذبية

لتفسير سلوك الكواكب وتوابعهـا أمرا يتضـمن كثيرا من المصاعب المخيفة • وحتى اليوم لم يتوصـل العلم الى حـل مشكلة سلوك ثلاثة أجسام تتجاذب فيما بينها حسب قانون التربيع العكسى • غير أن ذلك لم يمنع لابلاس من معالجـة موضوع أعقد ، وهو تجاذب كافة الكواكب فيما بينها وبين الشمس •

كان نيوتن يخشى أن يؤدى هـذا التسـابق المقلق بين الكواكب بعد زمن أو آخر الى فسـاد النظام الشـمسى والى ضرورة تدخل القوة العاقلة لحفظ النظام فيهـا • ولـكن لابلاس رأى أن يبحث عن الأمان فى مكان آخر ؛ ففى بحث له ، وصف بأنه « أروع بحث قدم للجمعية العلمية » ، بين لابلاس أن هذا الرجوع فى حركة الـكواكب لا يتراكـم ، ولكنه يحدث بصفة دورية ، ثم عكف بعـد ذلك على وضـع قاعدة عامة تتعلق بهـذه الذبذبات وذلك النظام الشـمسى بأكمله ، فما دام قد أوضح أن هـذا الفسـاد فى الآلة يعود فيصحح نفسه تدريجيا ــ مثل عملية الشفاء الذاتى فى المجال الفسيولوجى التى سماها والتر كانون « اتزان الجسم » ــ فانه يكون بذلك قد آمن بشكل معقول مستقبل الآلة الكونية ومستقبل الزائر العرضى لها ، وهو الانسان • أما اذا كانت هذه الذبذبات تتراكم وكل ذبذبة تمهد السبيل الى أخـرى أقوى منها ، فلا محيص من حدوث كارثة بعد وقت أو آخر • لقد قدم لابلاس حلا نظريا يبدو أنه يتفق مع المشاهدات ، كما أوضح أن كارثة ما لن تصيب النظام الشمسى وأن هذه التغيرات التى تحدث فيه « تكرر نفسها فى فترات منتظمـة ولا تتعدى قدرا معتدلا » • أما الفترات ذاتها فطويلة جدا ،

وأما الذبذبات فكأنها ذبذبات « بندول الخلود الضخم الذى يعد العصور كما يعد بندولنا الثواني والدقائق » .

ان نظريات لابلاس كانت بمثابة درع الأمان لحسن سير آلة الكون النجومية ؛ أما التخبط وعدم النظام المشاهد فهو شيء ثانوى يصحح تلقائيا بحيث لا يهدد دوران الآلة ككل . والواقع أن لابلاس اعتبر هذه الحركات الشاذة كنعمة لعالم الفلك ، اذ جاء بكتابه « حركة الأجرام السماوية » : « ان الحركة غير المنتظمة لهذين الكوكبين كانت تبدو أول الأمر ولا تفسير لها من وجهة نظر قانون الجاذبية العام ، أما الآن فان هذه الحركة ذاتها تعتبر أحد الأدلة الرائعة على سلامته . هذه صورة مميزة للنظام الحق للطبيعة ، كل صعوبة تبرز أمام هذا الكشف الرائع تعود فتصبح دعامة من الدعامات القوية التي تبرهن عليه » .

غير أن هناك نقطتين يجدر بنا أن نذكرهما في هذا المجال : أما النقطة الأولى فهى أن الحل الذى توصل اليه لابلاس لم يثبت بشكل كامل ثبات النظام الشمسى . ان هذا الحل ينطبق على نظام شمسى مثالى لا يلعب فيه الاحتكاك المدي أو أية قوى أخرى دورا ما . ونحن نعرف الآن ، ما كانوا يجهلونه وقت لابلاس ، أن الأرض جسم غير صلد وعرضة لتغيير شكله نتيجة للاحتكاك المدى الذى يعمل بمثابة فرملة تعوق حركة الأرض . ولا جدال فى أن هذا الأثر طفيف غير أنه يعمل دائما فى نفس الاتجاه . والنتيجة أننا لا نستطيع القول ، مثل لابلاس ، ان الطبيعة قد نظمت العمل فى الآلة النجومية « بحيث تخلد الى الأبد على نفس

الأسس التي تسود بروعة على الأرض والتي تؤدى الى حفظ الأفراد والى استمرار النوع » .

وأما النقطة الثانية فتتعلق باخفاء لابلاس ما يدين به للعالم لاجرانج . ان كل ما حققه لابلاس ، تقريبيا ، فى ميدان علم الفلك الفيزيائى يرجع جزء من الفضل فيه الى كشوف لاجرانج الرياضية العميقة . ومن الصعب فى كثير من الأحيان الفصل بين ما أسهم به كل منهما . كان لاجرانج رياضيا كبيرا ، وكان لابلاس ، الذى يرى فى الرياضيات وسيلة للوصول الى أهدافه ، عالما فى ميدان الفلك والفيزياء الرياضية . وفى حين عاتب الكثيرون لابلاس بشكل عنيف على اهماله الاشارة الى ما أسهم به لاجرانج ، الا أن لاجرانج نفسه بروحه الملائكية لم يفعل ذلك ، وظل العالمان على علاقة طيبة بشكل مستمر .

ظهر كتاب لابلاس « حركة الأجرام السماوية » فى خمسة أجزاء كبيرة بين عامى ١٧٩٩ ، ١٨٢٥ . ويصف لابلاس المواضيع التى عالجها الكتاب بالكلمات التالية :

« قدمنا فى الجزء الأول من هذا الكتاب القواعد العامة لحركة الأجسام وتوازنها . ولقد أدى بنا تطبيق هذه القواعد على حركة الأجرام السماوية ، دون ما حاجة الى اللجوء الى التدليل الرياضى ، وبدون آية نظريات افتراضية ، الى الوصول الى قانون التجاذب العام ، وأثر الجاذبية وحركة القذائف ، فهذه كلها حالات خاصة من القانون . وتناولنا بعد ذلك نظاما من الأجسام يخضع لهذا القانون الطبيعى العظيم ، وتوصلنا عن طريق تحليل هذا النظام ، الى التعبير

بشكل عام عن حركة هـذه الأجسـام ، وشـكلها ، وذبذبة السوائل التى تغطيهـا . ومن ذلك التعبير اسـتنتجنا كافة الظواهر المعـروفة من المد والجزر ، وتباين درجات وقوة الجاذبية على سطح الأرض ، وتقدم الاعتدالين ، وتحـرير القمر ، وشكل دوران حلقات زحل . كما أشرنا للسبب الذى يجعل هذه الحلقات تظل دائما فى مستوى خط الاسـتواء بزحل . والى جانب ذلك استنتجنا من نفس نظرية الجاذبية، المعادلات الأسـاسية لحركة الـكواكب ، وبالذات كوكبى المشترى وزحل اللذين تبلغ فترة عدم التساوى بينهما أكثر من ٩٠٠ عام .

★★★

ويعتبر الرياضيون أن هذا الكتاب جـدير بالتخليد . كما يقال ان عالم الرياضة الأيرلندى وليم رووان هاملتون قد بدأ حياته كعالم رياضى باكتشـاف خطأ ورد فى هـــذا الكتاب . واستخلص منه العالم الرياضى الانجليزى جورج جرين نظرية رياضية للكهربائية . ولعل أعظم ما أسهم به لابلاس فى هذا الكتاب هو معادلته الشهيرة :

$$\frac{\text{د}^2\text{ى}}{\text{دس}^2} + \frac{\text{د}^2\text{ى}}{\text{دص}^2} + \frac{\text{د}^2\text{ى}}{\text{دع}^2} = \text{صفرا}$$

وهذا التعبير انما هو معادلة مجال يمكن أن تسـتخدم لوصف ما يحدث عند لحظة معينـة فى كل نقطـة من نقط مجال ناجم من وجود كتلة جاذبة ، أو شـحنة كهربية ، أو سريان سائل أو ما الى ذلك . وبكلمات أخرى، ان هذه المعادلة تعالج قيمة كمية فيزيائية ، هى الجهد ، خلال متصل كامل. وأما معامل الجهد «ى» الذى وضع أول الأمر كمجرد كمية

رياضية ، فقد اكتسب فيما بعـد معنى فيزيائيا • والفرق بين قيم معامل الجهد عند نقطتين مختلفتين فى المجال ، يقيس كمية الشغل المطلوبة لتحريك وحدة من وحدات المـادة من احدى هذه النقط الى الأخرى ، كما يقيس معدل تغير الجهد فى أى اتجاه ، والقوة التى تعمل فى ذلك الاتجاه •

واذا أعطينا «ى» معانى مختلفة (مثل درجة الحرارة ، أو سرعة الجهد أو غير ذلك) ، فان المعادلة تجد لها مجالا واسعا فى التطبيق سواء فى نظريات الكهربيـة الاسـتاتيكية أو الجاذبية أو الديناميكية المائية أو المغناطيسية أو الضوء أو الصوت أو توصيل الحرارة • ففى ميدان الديناميكية المائية حيث «ى» هى سرعة الجهد (مربع المسافة مقسوما على الزمن)، فان معدل تغير الجهد يعتبر مقياسا لسرعة السائل • وتنطبق المعادلة على السوائل غير القابلة للانضغاط أو الفناء ؛ فاذا خرجت كمية من السائل من حجم صغير تعادل الكمية التى تدخل فى هذا الحجم ؛ فان دالة الجهد تساير معادلة لابلاس • والتفسير المبسط لكون هذه المعادلة تلعب دورها لحل كافة المشاكل الفيزيائية ، تقريبا ، هو أنها تصف الاقتصاد الذى يميز أنواع السلوك الطبيعية ـ « ميل عام نحو التجـانس بحيث تتجه كافة الفوارق المحلية الى التلاشى » • فاذا سخنا ، مثلا ، قضيبا معدنيا عند أحد طرفيه ، فان درجة الحـرارة ستتجه الى أن تصنع متجانسـة فى القضيب بأكمله ؛ واذا وضعنا مادة مذابة فى سائل فان هذه المادة ستعمل عـلى أن تنتشر بشكل متجانس فى هذا السائل •

★★★

ويتضمن كتـاب « حـركة الأجرام السـماوية » من الصعوبة ما يتناسب مع حجمه الكبير • الا أن لابلاس لم يكن

متساهلا مع القارىء ، كان يقفز ثغرات كبيرة باستخدام هذه العبارة المزعجة . « من السهل أن نرى » . ويعلق عالم الرياضيات والفلكي الأمريكي ناتانييل بوديتش ، الذى ترجم أربعة أجزاء من الكتاب الى اللغة الانجليزية ، يعلق على ذلك قائلا : انه ما أن يقابل هذه العبارة « من السهل أن نرى » ، حتى « أشعر بيقين أن أمامى ساعات من العمل المضنى حتى أساير لابلاس في تدليله » بل ان لابلاس ذاته عندما يرغب في عرض بعض تدليلاته الرياضية يعترف بأنه « ليس من السهل أن يرى » كيف يمكن الوصول الى نتائجه . ولا شك أن هذا الأسلوب ينقصه التواضع، بل وينقصه بعض الشرف، ذلك أن أنيس مارى كلارك مؤرخة الفلك الشهيرة تقول : « ان نظريات ومعادلات بأكملها ينتزعها لابلاس من أصحابها دون أن يشير اليهم أية اشارة ، وينسب الى نفسه نتاج الجهود التى استغرقت قرنا من العمل الصبور المضنى » . وكذلك يشير اريك تمبل بل المتخصص في الكتابة عن حياة العلماء أن لابلاس لم يكن يتورع عن « السرقة من اليمين ومن اليسار، بجرأة تامة ، انه يضع يديه بكل بساطة على كل ما يستطيع استخدامه من أعمال معاصريه ومن سبقوه » .

وفى عام ١٧٩٦ كتب لابلاس « عرض لنظام العالم » ، كتبه مبسطا فى ميسور القارىء الذى لم يتمكن من متابعة كتاب « حركة الأجرام السماوية » . والواقع أن هذا الكتاب المبسط يعتبر من أروع الكتب الشعبية التى ظهرت عن الفلك . في هذا الكتاب الرائع عرض لابلاس نظريته السديمية الشهيرة (التى سبقه اليها ايمانويل كانت عام ١٧٥٥) . والفكرة الأساسية فى هذه النظرية أن النظام الشمسى تطور

من كتلة دوارة من الغاز تكثفت فتكونت الشمس، ثم انطلقت منها بعد ذلك سلسلة من الحلقات الغازية صارت الكواكب • وفي حين كانت هذه الكواكب في حالتها الغـازية ، انطلقت منها حلقات صارت التوابع • ومنذ أن عرض كانت ولابلاس هذه النظرية وأسهمها ترتفع تارة وتنخفض تارة أخرى • وتؤكد نظرية لابلاس استحالة حركة أي عضو في المجموعة الشمسية في اتجاه عكسي • غير أن السير وليم هيرشل وجد ، قبل وفاة لابلاس ، أن توابع يورانوس تسير فعلا في اتجاه عكسي ، ثم كشفت من بعد ذلك توابع أخـرى تسلك نفس السلوك • ولكن ذلك لا يمنع القول بأن هذه النظرية كانت خطوة فكرية هامة ، حتى ان الشيء الكثير من تدايلها الأساسي مازال يجد صدى عند بعض علماء الـكون الذين يسلمون بصحته فيما يتعلق بالتجمعات الفلكية الأكبر من المجمـوعة الشمسية •

وهناك موضوع آخر اهتم به لابلاس بوصفه عالما رياضيا ومبسطا للعلوم، ذلك هو نظرية الاحتمالات• ان بحثه الشامل « نظرية تحليلية للاحتمالات »يتضمن وصفا لحساب تحليلي مفيد يضفي درجة ما من المنطق على النظريات الخاصة بالأحداث الصدفية • وكان اطار هـذا الحسـاب هـو علم التـوافق والتبـادل الذي يمـكن أن يسـمى رياضـيات الاحتمالات •

★★★

ويرى لابلاس أن نظـرية الاحتمـالات ان هي في الواقع الا تدليل مقبول مصاغ في قالب الحسابات • غير أن بحثه كان يتضمن صعوبة في الحساب لعلها تفوق الصعوبة

فى حركة الكواكب • ان أوغسطس دى مورجان عالم الرياضيات الكبير يصف هذا البحث بأنه «أصعب بحث رياضى قابلناه » انه يفوق فى صعوبته البحوث المتضمنة فى كتاب « حركة الأجرام السماوية » •

ولعل ما أسهم به لابلاس فى مجال الاحتمالات يفوق ما أسهم به أى باحث آخر بمفرده ، غير أن لابلاس فى كتابه « نظرية تحليلية » لم يشر أيضا الى جهود أى عالم آخر من علماء الرياضيات الذين استفاد منهم للوصول الى نتائجه • وفى هذا الصدد يقول دى مورجان : « ان لابلاس كان يقدم من ذاته أفكارا أصيلة بالقدر الذى يجعل القارىء يتعجب من ذلك الرجل الذى يستطيع أن يصوغ آراء غيره بهذه البراعة ولا يتورع عن أن يسلك سبيلا فيه خطر كبير على مركزه » •

وفى بحث آخر عنوانه «بحث فلسفى عن الاحتمالات»، يعرض فيه لابلاس مقدمة غير فنية لقوانين الصدفة ، كتب الفقرة التالية التى تعتبر أسلم تعبير عن التفسير الحتمى للكون ، كما تعتبر رمزا لذلك العصر السعيد الملىء بالثقة الذى يفترض أنه من الميسور وصف الماضى واكتناه المستقبل اذا عرفت لقطة واحدة من لقطات الحاضر •

« ان علينا أن نعتبر الحالة الحاضرة للكون كالأثر الناجم من حالته السابقة والسبب الذى تترتب عليه حالته المستقبلة • واذا كان لدينا ، للحظة واحدة ، ذلك القدر من الذكاء الذى يمكننا من الاحاطة بكل القوى التى تملأ الحياة انتعاشا والأوضاع المقابلة لكافة الكائنات التى تتكون منها

الطبيعة ، ذلك القدر من الذكاء الذى يمكننا من تحليل كافة هذه الحقائق، فانه سيكون فى ميسورنا أن نضع معادلة واحدة تتضمن حركة أكبر الأجسام فى الكون وأخفها ، وعندئذ سيزول الشك ويتبلج المستقبل والماضى أمام أعيننا . وان ذهن الانسان ، الذى وصل بعلم الفلك الى الكمال ، يعكس قدرا ضئيلا من هذا الذكاء ، ذلك أن الكشوف التى توصل اليها الانسان فى علمى الميكانيكا والهندسة ، الى جانب الجاذبية العامة ، قد مكنته من أن يحيط بماضى نظام العالم ومستقبله فى تعبير تخيلى واحد . وعندما استخدم نفس الأسلوب فى موضوع آخر من مواضيع معارفه نجح فى أن يرجع الظواهر المشاهدة الى قوانين عامة وفى أن يتنبأ بالظواهر الأخرى التى تنتج عن ظروف بذاتها . وكافة هذه الجهود فى البحث عن الطبيعة تقرب ذهن الانسان من ذلك القدر الكبير من الذكاء الذى تحدثنا عنه ، ذلك القدر الذى سيظل دائما بعيدا عن متناول الانسان . هذا الاتجاه الذى يميز الانسان هو الذى يجعله أرقى من الحيوانات ، والتقدم فى هذا المجال هو الذى يميز الشعوب والعصور ويمثل مجدها الحقيقى » .

★★★

ولقد اشترك لابلاس مع الكيميائى الكبير أنطوان لافوازييه فى القيام بتجارب تهدف الى تحديد الحرارة النوعية لعدد من المواد ، وصمما جهازا يسمى المسعر الثلجى، يقيس الحرارة من معرفة كمية الثلج التى تذوب ، وهى طريقة استخدمها من قبل الكيميائى الاسكتلندى جوزيف بلاك والألمانى جوهان كارل ويلك .

وبينما ازدهر لابلاس من الناحيتين السياسية والمالية ، مات لافوازييه عـلى حد المقصلة · عين لابلاس عام ١٧٨٤ « ممتحنا في مدرسة المدفعية الملكية » ، وهو مركز مريح أتاح له أن يمتحن طالبا يبدو عليه الذكاء ، لا يتجاوز السادسـة عشرة من عمره ، اسمه نابليون بونابرت · وظلت هـــذه العلاقة مزدهرة فترة عشرين عاما أصاب لابلاس فيها كثيرا من الغنم · وكان لابلاس يدرس الرياضيات ، مع لاجرانج، في « معهد المعلمين » ، وصار عضوا ثم رئيسا لمكتب الأطوال، وعاون في ادخال النظام العشرى واقترح استخدام تقـويم جديد قائم على بعض الحسابات الفلكية ، مسايرا في ذلك روح الاصلاح التى صاحبت الثورة ·

وهناك ما يدعو الى الاعتقاد أن ظلالا من الشك أحاطت بلابلاس خلال فترة قصيرة في أثناء الثورة ، وأعفى من لجنة الموازين والمقاييس · غير أن لابلاس تمـكن من الاحتفـاظ برأسه ، بل وكسب أمجادا جديدة · كان يتمتع بالقدرة على ركوب الأمواج المتـلاطمة في العصر الذى كان يحيا فيـه ؛ ففى ظل الجمهورية كان جمهوريا عنيفا يعلن عن « بغضـه الذى لا يخمد للملكية » ، وما ان استولى نابليون على السلطة في التاسع من نوفمبر عام ١٧٩٩ حتى ألقى لابلاس من على كاهليه ثوب الجمهورية وصـار من أكثر أنصـار الحـاكم حماسة ، وساعده في التحضير للحملة على مصر · ولم يلبث نابليون أن كافأ لابلاس بأن أسند اليه وزارة الداخليـة · وفى نفس الليلة التى عين فيها وزيرا أمر بصرف معاش قدره ألفان من الفرنكات · لأرملة العلامة المعروف جين بيلى الذى أعدم خلال فترة الارهاب · وفى صبيحة اليوم التالى حملت

بمدام لابلاس معاش ستة أشهر الى أسرة هذا « الضحية من ضحايا العصر » • كانت هذه « بداية نبيلة » ، كما يقول فرانسوا أرجوا الذى كان أحد مريدى لابلاس ، غير أنه من الصعب أن تجد عملا نبيــلا آخر قام به لابلاس خــلال عمله وزيرا ، ذلك المنصب الذى ظل يحتله لفترة ســتة أســابيع فحسب • وعندما كتب نابليون مذكراته فى جزيرة ســانت هيلينا علق عــلى كفاءة لابلاس قائلا : « كان لابلاس رجــلا اداريا ضعيفا يبحث عن الرقة فى كل مكان ويمزج شــئون الحكومة بالأشياء المتناهية فى الصغر » • غير أن نابليون أراد أن يطيب خاطره بعد اخراجه من الوزارة فجعل منه عضوا فى مجلس الشيوخ ، ثم رئيسا للمجلس عام ١٨٠٣ .

كم وجــد المؤرخون المتعة وهم يصفون مهارة لابلاس فى الجرى مع الأرانب والصيد مع الكلاب ! ولعــل مقدمات الطبعات المختلفة لكتبه أبلغ دليل عــلى ذلك • لقــد أهــدى الطبعة الأولى من كتابه « نظام العالم » عام ١٧٩٦ الى مجلس الخمسمائة • وفى عام ١٨٠٢ أهدى الجزء الثالث من كتابه « حركة الأجرام الســماوية » بكلمات ملؤها التقــديس الى نابليون الذى حل مجلس الخمسمائة • وفى عام ١٨١٢ أهدى لابلاس الطبعة الجــديدة من كتابه « نظــرية تحليليــة فى الاحتمالات » الى « نابليــون العظيم » • وفى الطبعــة التى أصدرها عام ١٨١٤ ألغى لابلاس هذا الاهداء وكتب بــدلا منه : « ان حساب الصدف كان يمكننا من أن نتنبأ ، بدرجة كبيرة من الاحتمــال ، بســقوط الأباطــرة الذين يحلمــون بالسيطرة علي العالم » • لقد جعل نابليون من لابلاس كونتا ،

وفى ١٨١٤ مكنه هذا اللقب من أن يشترك فى اصـدار القانون الذى يقضى بنفى ذلك الرجل الذى جعل منه كونتا• وعندما عادت أسرة البوربون كان لابلاس أول من تمرغ عند أقدامها ، وكانت مكافأته أن صار ماركيزا •

★★★

لم يكن لابلاس رجلا شريرا أو خبيثـا ، كان يمـد يد المساعدة الى كثير من العلماء الشبان • وفى مسقط رأسه فى أركوى كان يحيط نفسه بعدد من الشبان الذين يسيرون على نهجه الفكرى مثل أراجو العالم فى الفلك والفيزياء وعالم الفيزياء جين بيو المعروف ببحوثه عن استقطاب الضـوء ، والبارون آلكسندر فون همبولدت الرحـالة الألمانى وعالم الحياة الشهير ، وجوزيف جاى لوساك عالم الكيمياء والطبيعة الكبير وسيمون بواسون عالم الرياضيات اللامع• ويحكى بيو أنه جاء الى لابلاس فى أحد الأيام وقرأ عليه بحثا عن نظـرية المعادلات ، وبعد أن استمع لابلاس الى البحث آخذ بيو وأخرج له «أوراقا صفراء قديمة توصل فيها الى نفس النتائج وطلب منه أن يحفظ الأمر سرا بينهما » • وهكذا ، بعد أن أرضى لابلاس ذاته طلب الى العالم الشاب أن ينشر بحثه ولا يذكر شيئا عن النتائج التى توصل اليها من قبله •

ومهما كان الاعجاب العـام بعبقرية لابلاس العلميـة ، فانه لم يقلل من عدم الثقة التى يشعر بها الجميع ازاءه نتيجة لسرعة تلونه السياسى • ولعل أخف معاصريه وطأة عليه كان يصفه « بالمرونة » • وكان الجميع يقارنونه بقسيس براى الذى كان بدوره سريع التلون • كان من أتباع البابا مرتين، وكان بروتستنتيا مرتين ، ودافع عن نفسـه قائلا : « اذا

كنت قد غيرت ديانتى فاننى ظللت وفيا لمبدئى وهو أن أحيا وأموت قسيسا لبراى » • وكان فى وسع لابلاس أن يدافع عن نفسه بكلمات مماثلة •

أما عن حياة أسرته وعاداته الشخصية فنحن لا نعرف عنها الا القليل • يبدو أن زواج لابلاس بشارلوت دى كورتى دى رومانج ، الذى تم فى عام ١٧٨٨ ، كان زواجا موفقا • رزق لابلاس بابنة وابن يدعى اميل ترقى فى سلك الجيش حتى بلغ مرتبة الجنرال فى المدفعية • كان لابلاس فى سنيه الأخيرة يمضى كثيرا من وقته فى آركوى حيث يمتلك منزلا الى جوار منزل عالم الكيمياء الكونت دى برثيلو • وهناك فى مكتبه ، حيث تطل صورة راسين المؤلف الحبيب الى قلبه فى وجه صورة نيوتن ، كان لابلاس يواصل دراساته « بهمة لا تعرف الكلل » ، وكان يقابل « زواره البارزين الوافدين من كافة أنحاء العالم » • ومات لابلاس فى الخامس من مارس عام ١٨٢٧ قبل أن يحتفل بعيد ميلاده الثامن والسبعين بعدة أيام • ولما كان مطلوبا من الرجال البـارزين أن ينطقـوا كلمات خالدة قبل انتقالهم الى العالم الآخر ، فقد قيـل ان لابلاس أنهى حياته بهذه العبارة : « ان ما نعرفه قليل وما نجهله كثير » • غير أن دى مورجان الذى لاحظ أن هـــذه العبارة تكاد تماثل ما قاله نيوتن عن الحصى وشاطىء بحـر المعرفة أعلن أن كلمـات لابلاس الأخـيرة ، كما عرفها من مصادر الثقة ، كانت : « ان الانسان يسير وراء الأشباح » •



القسم الثاني

النظام الجديد للعالم

وليام روان هاملتون

لعل أعظم عالم فى الرياضيات جاء بعد نيوتن بين الشعوب الناطقة بالانجليزية هو وليام رووان هاملتون الذى ولد عام ١٨٠٥ ومات عام ١٨٦٥ • ولقد عانت شهرته تقلبات غريبة ، فعلى حين كان خلال حياته رجلا شهيرا دون أن يفهمه الناس ، خفتت شهرته بعد موته وصار معتبرا من علماء الصف الثانى ، وفى القرن العشرين بعثت شهرته من جديد وعاد محلا للاهتمام والتقدير •

أما عن أسلاف هذا العالم فليس لدينا الكثير • كان أبوه محاميا فى مدينة دبلن ، وكان هو الذى دافع عن الوطنى الايرلندى الطريد أرشيبالد هاملتون رووان، وتمكن من الغاء الحكم الذى صدر ضده • وعن رووان الذى كان حاضرا حفل تعميد وليام الطفل أخذ الطفل اسمه الثانى • ولم يكن أبواه هما اللذين تكفلا بتربيته ، فعندما بلغ حوالى العام من عمره أوكلا تربيته لعمه جيمس أحد رجال الكنيسة فى تريم ، وهى بلدة صغيرة تقع شمال دبلن وعلى مبعدة ثلاثين ميلا منها • فى هذه البلدة عاش وليم الصغير حتى بلغ العمر الذى يؤهله لدخول الجامعة ، غير أنه كان يزور دبلن بين الفينة والفينة •

وما ان بلغ وليام الثالثة من عمره حتى كان بوسعه ان يقرأ الانجليزية بسهولة ، وفي الخامسة كان يستطيع ان يقرأ ويترجم اللاتينية والاغريقية والعبرية ، وفي الثامنة اضاف الى هذه اللغات الثلاث الايطالية والفرنسية ، وقبل أن يبلغ العاشرة كان يدرس العربية والسانسكريتية • وعندما بلغ الرابعة عشرة كتب خطابا بالفارسية الى سفير فارس الذى كان في زيارة الى مدينة دبلن • ونحن لا نعلم هل يرجع الفضل في ذلك الى أسلوب عنه في التربية او الى مواهب خاصة كان يتمتع بها •

وكان الفتى الصغير يحب الكلاسيكيات والشعر ، غير أن مركز اهتمامه ومجرى حياته تغيرا تماما وهو في الخامسة عشرة من عمره عندما قابل شخصا يدعى زيرا كولبرن ، وهو شاب امريكي جاء دبلن ليعرض مقدرته الخارقة في الحساب السريع جدا • كتب هاملتون فيما بعد يقول : «لفترة طويلة بعد ذلك كنت أجد متعة في القيام بحسابات طويلة في ذهني مستخرجا الجذور التربيعية والتكعيبية وكل ما يتعلق بخواص الأعداد » • وقرر وليام أن يمضي حياته في دراسة الرياضيات • قال في هذا الصدد :« ليس ثمة ما يرقي العقل أو يرفع الانسان فوق زملائه من البشر أكثر من البحوث العلمية • من ذا الذى لا يفضل شهرة أرشميدس على شهرة القائد مارسيلاس الذى انتصر عليه ؟ ••• لقد تضافرت العقول الكبيرة في كافة العصور لبناء معبد العلم الرائع الفخم ، ونقش أسمائهم الخالدة عليه ، غير أن هذا الهيكل لم يكتمل ومازال بوسع المرء أن يضيف عمودا هنا

أو حلية هناك وأنا لم أكد أصل الى قاعدة ذلك الهيكل ، غير أني أتمنى أن أصل يوما الى قمته » ٠

★★★

ولا نلبث أن نقابل في مذكراته اليومية عبارات مثل « قرأت كتاب الحياة الذى وضعه نيوتن » و « بدأت في قراءة الأسس لنيوتن » ٠ وعندما بلغ السادسة عشرة تعرف على كتاب « حركة الأجرام السماوية » للابلاس ٠ (جاء في مذكراته في ذلك الوقت : « ظللنا نستيقظ ، أنا وعمي ، لعدة أيام قبل الخامسة صباحا ٠ ما ان تحين الخامسة حتى يجذب عمي خيطا لديه يخترق الحائط وأربطه في قميصي قبل أن أنام ») ٠ وفي عام ١٨٢٣ التحق هاملتون بكلية ترينتي بدبلن بعد أن سبقته الاشاعات الخاصة بقواه الذهنية الغريبة ناعتة اياه « بهاملتون الأعجوبة » ٠ وفي الكلية كان تقدمه رائعا ، سواء في الامتحانات أم في البحوث الأصيلة ٠ وعندما بلغ الحادية والعشرين من عمره ، قدم للأكاديمية الملكية الايرلندية بحثا بعنوان « نظرية عن أنظمة الأشعة » تعتبر في الواقع فتحا لعلم جديد هو البصريات الرياضية ٠

★★★

كان هدف هاملتون في هذا البحث أن يعيد بناء هندسة الضوء بايجاد وسيلة موحدة لحل كل مشاكل ذلك العلم ٠ بدأ من القواعد المعروفة التي تقول بأن شعاع الضوء يسير دائما في المسار الذى يستغرق أقل وقت (حسب نظرية الموجات) أو أقل « فعل » (حسب نظرية الكريات) عندما ينتقل من نقطة الى أخرى ٠ ينطبق هذا القول سواء كان

المسار خطا مستقيما أو منحنى نتيجة الانكسار • وكانت اضافة هاملتون هى اعتبار هذا الفعـل (أو ذلك الزمن) كدالة لمواقع النقط التى يسير الضوء بينها ، وتبيان ان هذه الكمية تتغير مع تغير احداثيـات هـذه النقط وفق قانون أطلق عليه « قانون الفعل المتغير » • لقد أوضح هاملتون أن جميع البحـوث المتعلقة بنظام من الأشـعة الضوئية يمـكن اختزالها الى دراسـة هـذه الدالة الوحيدة • وكان كشـف هاملتون لهذه « الدالة المميزة » ، كما سماها ، نصرا رائعـا للعبقرية العلمية • لقد عرضـه لأول مرة عنـدما كان فى الحادية والعشرين من عمره •

وكان من نتيجة ذلك البحث أن تغيرت ظروف هاملتون تغيرا كبيرا ، ذلك أن كرسى الأستاذية فى الفلك ، وكان شاغله يتقاضى مرتبا سنويا قدره ٢٥٠ جنيهـا ، ويضفى على شاغله لقب الفلكى الملكى لايرلندا ، قد صار شاغرا عام ١٨٢٦ عندما عين شاغله جون برينكلى الموقر أسقفا لكليون • وهو المركز الذى احتله فى وقت ما الفليسوف الكبير جورج بيركلى • وانتخب هاملتون خليفة لبرينكلى بعد بضعة أشهر من تخلى الأخير عن هـذا المنصب • وكان انتخاب شـاب لم يتخرج بعد لاحتلال كرسى الأستاذية حدثا غريبـا أدى الى بعض النتائج العجيبة • ولنذكر على سبيل المثال أن حامل لقب الفلكى الملكى يخول له أن يختبر المتقدمين لنيل جائزة القس لو ، وهى جائزة فى الرياضيات يتقـدم اليهـا الخريجون ، وهكذا كان الشاب الذى لم يتخرج بعد يختبر الخريجين فى فروع الرياضيات العليا •

وعلى حين كان الجميع يقدرون الشرف الذى أسبغ على هاملتون بتعيينه فى هذا الكرسى الا أن البعض كان يرى من

الحكمة أن يرفض هاملتون هذا العرض ، ذلك لأنه كان من المؤكد أنه سينتخب بعد عام أو عامين زميلا فى كلية ترينتى وهو مركز يدر له دخلا أكبر ويفسح أمامه فرصا أوسع ، غير أن الدافع الأساسى الذى دفع هاملتون الى قبول العرض هو أن كرسى الفلك وظيفة أساسها البحث العلمى ، ومركز الزمالة يتطلب منه صرف جهـود كنسية ، والقيام فيما بعد بواجبات المعلم والمدرس الى جانب واجبات أخرى تستغرق معظم وقته • والذى لا شك فيه أن معدات البحث فى المرصد الفلكى كانت فقيرة غاية ما يكون الفقر ، ولكن هاملتون ، والذين انتخبوه ليحتل ذلك المركز ، كانوا يهدفون الى ايجاد وضع ييسر له أن يستمر فى بحوثه النظرية التى بدأها بكل روعة بذلك البحث عن « أنظمة الأشعة » • .

ولقد كان على هاملتون أن يعطى سلسلة من المحاضرات فى علم الفلك ، وكانت عادته أن يناقش فى هذه المحاضرات العلاقة بين الفلك والعلوم الفيزيائية بشكل عام ، وكذلك العلاقة بين الفلك والميتافيزيقا وكافة ميادين الفكر المرتبطة بها • وكانت محاضراته شاعرية ومثقفة بحيث جذبت ، الى جانب تلاميذه ، عديدا من الأساتذة • وعندما دار الحديث عام ١٨٣١ عن احتمـال نقله الى كرسى الرياضيات ، أصر المجلس على أن يبقى كما هو ورفع مرتبه الى ٥٨٠ جنيها فى العام وسمح له بأن يكرس بحوثه فى ميدان الرياضيات •

★★★

وفى عام ١٨٣٢ ، أعلن هاملتون للأكاديمية الايرلندية الملكية كشـفا مهما فى ميـدان البصريات يعتبر امتـدادا لنظريته عن أنظمة الأشعة • كان معلوما أن بعض البلورات

ذات المحورين ، مثل التوباز والأراجونيت يعطي شعاعين منكسرين ، الأمر الذى يؤدى الى ازدواج في الصورة • ولقد وضع أوجستين فرنزل الفرنسى قواعد الانكسار المزدوج ثم جاء هاملتون وفحص قانون فرنزل في ضوء طريقته العامة ، واستنتج أنه فى حالات خاصة قد يسقط شعاع واحد على بلورة ذات محورين وتكون النتيجة لا شعاعين فحسب ولكن عددا لا نهائيا من الأشعة المنكسرة مكونة مخروطا ضوئيا ، وفي حالات خاصة أخرى يؤدى سقوط شعاع واحد على نفس البلورة الى تكوين مخروط ضوئى مختلف • وبناء على ذلك اقترح هاملتون ، على أساس نظرى ، قانونين جديدين للضوء أطلق عليهما الانكسار المخروطى الداخلي والانكسار المخروطي الخارجي ، وسرعان ما تحقق عالم الفيزياء همفرى لويد في دبلن وصديق هاملتون من هذين القانونين بشكل عملي :

وفى عام ١٨٣٤ كتب هاملتون ، ولما يبلغ التاسعة والعشرين من عمره ، الى عمه قائلا : « اننى آمل وأهدف الى اعادة بناء علم الديناميكا بأكمله ، وبأوسع معانى الكلمة ، على أساس فكرتى عن الدالة المميزة » • وانطلق بعد ذلك ليطبق هذه القاعدة على حركة مجموعة من الأجسام، وفى العام التالى عبر عن معادلات الحركة بشكل يبين الازدواج القائم بين مركبات كمية الحركة فى المجموعة الديناميكية واحداثيات موضعها • ولم يدرك علماء الفيزياء والرياضيات أهمية هذا الازدواج الا بعد أن مر قرن كامل ، وبعد أن نشأت نظرية الكم •

وفى عام ١٨٣٥ أنعم على هاملتون بلقب فارس ، وبعد عامين انتخب رئيسا للأكاديمية الملكية الايرلندية • ولكن

حياته الخاصة كانت أقل توفيقا • كان قد شيد لنفسه منزلا عندما عين أستاذا وأقام فيه مع ثلاث من شقيقاته ، على رابية تبعد خمسة أميال من دبلن والى جوار مرصد دنسينك • وعندما بلغ السادسة والعشرين من عمره أحب هيلين ماريا بيلى ابنة مدير سابق فى كونتى تيبيريرى • وعندما تقدم لخطبتها رفضت أول الأمر ، ولكنها قبلته آخر الأمر وتم الزفاف فى اليوم التاسع من أبريل عام ١٨٣٣ • ولقد كتب هاملتون خطابا الى صديق له يعبر فيه عن « خجل زوجته الشديد ورقتها » ، ذلك الخجل وتلك الرقة اللذان زادا بعد الزواج ، ورزق هاملتون بولدين وبنت خلال ست سنوات ، غير أن الزوجة لم تجد لديها القدرة على مباشرة شئون المنزل وتركت دنسينك لتعيش مع أختها المتزوجة فى انجلترا • وعادت الزوجة عام ١٨٤٢ ولكن الأحوال لم تتحسن فى المنزل ، ومنذ ذلك الوقت والعالم الكبير لا يتناول وجباته فى مواعيدها المحددة ، وبدأ فى تعاطى الخمور لدرجة خطيرة •

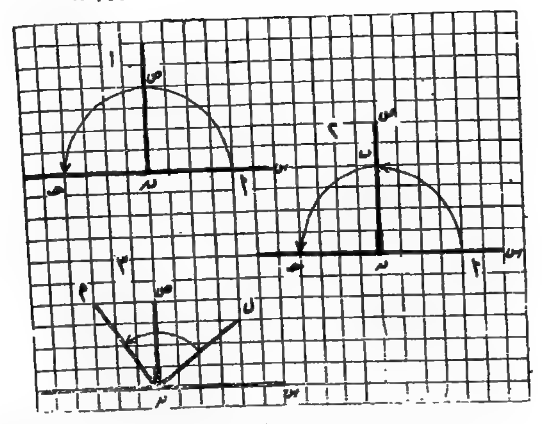
وعندما أوليت شرف احتلال كرسى هاملتون عام ١٩٠٦ ، بعد سنين طويلة من وفاته ، قابلت كثيرين ممن كانوا يعرفونه شخصيا • وتروى كثير من القصص عن حياته فى القرية • وفيما يلى احدى هذه القصص الطريفة • كان العالم ، الذى تربى فى المدينة ولا يعرف من شئون الفلاحة الا النزر اليسير ، يشرف على قطعة من الأرض تبلغ ١٧ فدانا الى جوار مرصد دنسينك ، واشترى بقرة لتدر اللبن لآل منزله • وبعد فترة من الوقت بدأت كمية اللبن تقل ، وهذا أمر طبيعى جدا ، غير أن هاملتون ذهب ليستشير أحد

جيرانه الفلاحين • وأجاب الفلاح بان السبب فى ذلك انما هو تلك الوحدة القاسية التى تحيط بالبقرة • وتساءل هاملتون هل من الممكن أن نوجد لها رفقاء يقضون على هذه الوحدة ، ووافق الفلاح على أن يجعل مواشيه ترعى في مراعى هاملتون الغنية بعد أن تقاضى من العالم أجرا على ذلك ! •

★★★

وبالرغم من الظروف الصعبة التى كان يحيا فيها هاملتون ، فان نشاطه العلمى لم يتوقف • وفى عام ١٨٤٣ توصل الى كشف عظيم ، هو حساب الرباعيات •

توصل الى هذا الكشف بعد تفكير طويل فى مشكلة العثور على قاعدة عامة لحساب الحد الرابع المتناسب لثلاثة خطوط مستقيمة عند معرفة اتجاهات هذه الخطوط • هذه المستقيمات ذات الطول المحدد والاتجاه المحدد تعرف بالمتجهات • ومن المعلوم أن أى متجه فى مستوى معين يمكن تمثيله بعدد مركب أى بعدد يتكون من عددين واحد منهما حقيقى والآخر تخيلى أو س + $\sqrt{-1}$ ص (ومن المعتاد أن يعبر عن جذر ـ ١ ، وهو عدد تخيلى ، بالحرف ى بحيث يصبح العدد السابق س + ى ص) • واذا عبرنا عن الأعداد الحقيقية بمسافات تؤخذ على المحور السينى لرسم بيانى ، فان ضرب أى عدد منها فى ـ ١ ، الشىء الذى يؤدى الى تحويله الى نفس العدد ولكن باشارة سالبة ، يمكن اعتباره بمثابة دوران هذا الخط خلال زاوية قدرها ١٨٠ درجة ؛ هذا على حين يعتبر ضرب العدد فى ى أو جذر ـ ١ يعتبر بمثابة دوران الخط خلال زاوية قدرها ٩٠ درجة (انظر الرسم ص ٩١) • وعلى ذلك فان الأعداد التخيلية تمثل على المحور الصادى ،



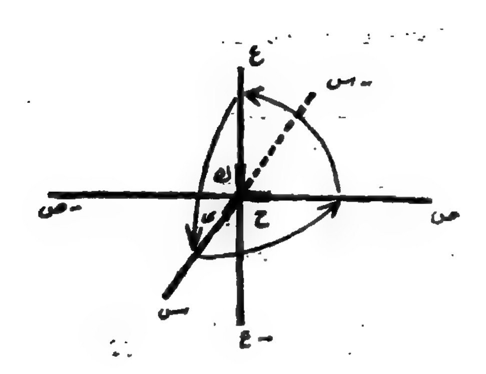
يستخدم العدد المركب ، الذى يتكون من عدد حقيقى وآخر خيالى هو جذر ــ ١ ، لوصف طول واتجاه مستقيم معين • وعندما تجمع الأعداد المركبة أو تطرح أو تضرب تكون العملية بمثابة عملية هندسية مثل الدوران • فى الشكل رقم (١) يضرب المستقيم ن أ الذى يمثل العدد + ٤ فى الكمية ــ ١ فيتحول الى المستقيم ن جـ أو ــ ٤ • هذا الضرب فى ــ ١ يساوى عملية دوران خلال ١٨٠ درجة • وفى الشكل رقم (٢) تتم عملية الضرب على مرحلتين أى يضرب أولا فى $\sqrt{-1}$ ثم مرة أخرى فى $\sqrt{-1}$ (يكتب جذر ــ ١ عادة ى) • وعلى ذلك يمكن اعتبار الضرب فى الكمية ى بمثابة دوران خلال ٩٠ درجة • يؤدى ذلك الى ظهور فكرة قياس المسافات التخيلية على المحور الصادى وذلك بجعل ى « وحدة المتجه » على ذلك المحور • ويوضح الشكل رقم (٣) أن الضرب فى ى يعد بمثابة دوران ٩٠ درجة حتى ولو كانت نقطة البدء لا تقع على المحور السينى ، فالمستقيم من نقطة ن (س = صفر ، ص = صفر) الى نقطة ل (س = ٤ ، ص = ٣) يمكن تمثيله باستخدام الأعداد المركبة على النحو التالى : ٤ + ٣ ى • فاذا ضربنا هذا العدد فى ى ، فاننا سنحصل على ٤ ى + ٣ ى٢ أو ٣ − ٤ ى • وهذا العدد الأخير يمثل المستقيم ن م (س = ٣ ، ص = ٤) ، أو دوران المستقيم ن ل بمقدار ٩٠ درجة •

ويمكن اعتبار ى تمثل وحدة على هذا المحور ، أو « وحدة المتجه » . ان أى متجه يمكن ، اذن ، أن يعبر عنه بعدد مركب يمكن تحليله الى خط على المحور السينى وآخر على المحور الصادى . مثل هذا المزدوج ، الذى يتكون من عددين ، تنطبق عليه قوانين الجبر التى تنطبق على العدد الواحد : فمن الممكن جمع المزدوجات وطرحها وضربها وقسمتها حسب القواعد العامة . كما يمكن حساب الحد الرابع المتناسب لثلاثة متجهات فى مستوى واحد على أساس المعادلة :

م١ : م٢ = م٣ : س .

ولقد استنتج هاملتون أنه يمكن التعبير عن المتجه فى الفراغ ذى الأبعاد الثلاثة باستخدام ثلاثة أعداد ، أو بثلاثية ، تماما مثل التعبير عن المتجه على سطح بعددين أو بمزدوج . وفكر فى الحصول على الحد الرابع المتناسب باستخدام طريقة ضرب الثلاثيات غير أنه قابل كثيرا من المصاعب . ولقد شاركه أطفاله الآمال والقلق يوما بعد يوم ، وكثيرا ما كان يسأله وليم أدوين (وعمره تسعة أعوام) أو أرشيبالد هنرى (وعمره ثمانية) ، وهم يتناولون طعام الافطار : « حسنا يا والدى ، هل تستطيع الآن ضرب الثلاثيات ؟ » ، فكان الأب يهز رأسه فى أسى ويجيب : « كلا ، ليس فى ميسورى سوى أن أجمعها أو أطرحها » .

.. وفى يوم من الأيام ، فى حين كان هاملتون يسير من دنسينك الى دبلن ، لمعت فى ذهنه فكرة كفيلة بحل مشكلته : ان العمليات الهندسية فى الفراغات ذات الأبعاد الثلاثة ، تتطلب لوصفها رباعيات لا ثلاثيات . لكى يحدد المرء العملية اللازمة لتحويل متجه الى آخر فى الفراغ ، ينبغى معرفة أربعة



يستخدم الجبر غير التبادلى لتمثيل العمليات الهندسية فى ثلاثة أبعـاد . يمثل المتجه فى ثلاثة أبعـاد فى نظام من الاحداثيات بثلاثة محاور متعامدة على بعضها البعض (محور س يتجه الى القارىء ، ومحورى ص ، ع على مستوى الورقة) باستخدام ثلاثة متجهات كل منها وحدة ى ، ح ، ك . ويعنى الضرب فى ى دوران ٩٠ درجة فى المستوى المتعامد على متجه ى اى مستوى ص ، ع . وكذلك الضرب فى ح او ك يعطى نفس المعنى كما تشير الأسهم . والآن يمكن ان ترى ان ضرب ى × ح يـؤدى الى دوران ح الى ك ، ومن الناحيـــة الأقرب فان ضرب ح × ى يؤدى الى دوران ى الى ــ ك ، بحيث ان ى × ح = ك ؛ ولكن ح × ى = ــ ك . أى ان عملية الضرب ليسـت تبادليـة : ى × ح لا يساوى ح × ى .

أعداد : (١) النسبة بين طولى المتجهين ، (٢) الزاوية بينهما ، (٣) العقدة ، وأخيرا (٤) ميل كل منهما على الآخر ٠

وأطلق هاملتون على هذه الأعداد الأربعة اسم الرباعية، ووجد آن فى ميسوره أن يضرب الرباعيات كما لو كانت أعدادا مفردة ٠ غير أنه كشف عن أن قواعد الجبر التى تنطبق على الرباعيات تختلف عن قواعد الجبر العادية فى نقطة حاسمة هى أنها غير تبادلية ٠ وهذه الكلمة تتطلب بعض التفسير ٠ عندما نضرب ٢×٣ فان الناتج يماثل الناتج الذى نحصل عليه اذا ضربنا ٣×٢ ٠ ان قانون الضرب التبادلى ، كما يسمى ، يمكن تضمينه فى المعادلة الجبرية الآتية : ا ب = ب ا ٠ وهذا القانون ينطبق على الأعداد التخيلية بقدر ما ينطبق على الأعداد الحقيقية ٠ غير أنه لا ينطبق على الرباعيات ، لأن هذه الرباعيات تصف عمليات هندسية مثل الدوران ٠ ويبين الرسم (فى الصفحة ٩٣) سبب ذلك ٠ انه يمثل ثلاثة محاور متعامدة ، يقع المحوران الصادى والعينى منها على مستوى الورقة ، على حين يتجه المحور السينى والصادى والعينى على التوالى ٠ ويعنى الضرب فى ى حدوث عملية الدوران ضد عقرب الساعة وعلى سطح الورقة خلال ٩٠ درجة ٠ أما الضرب فى ح أو فى ك فيعنى حدوث عمليات دوران فى مستوى متعامد على سطح الورقة ٠ والآن ، فان ضرب ح×ى يؤدى الى دوران ح حتى تصل الى ك ، بمعنى أن ى ح = ك ٠ أما ضرب ى×ح فيؤدى الى دوران ى حتى تصل الى ـ ك ، أى أن ح ى = ـ ك ومن ثم فان ى ح لا تساوى ح ى ٠

★★★

• وكان اكتشاف القانون التبادلي خروجا كبيرا على التقاليد ، بل كان بمثابة بدء عهد جديد • وسرعان ما سرى نبأ هذا الكشف بسرعة كبيرة وأدى الى انبعاث موجة من الاهتمام في دبلن بين الكثيرين من ذوى المراكز الرفيعة ، تماثل الموجة التى ظهرت في لندن بعد ذلك عندما كشف آينشتين نظرية النسبية العامة ، وعندما دعا اللورد هالدين آينشتين لمقابلة أسقف كانتربرى الكبير على الغداء • وكثيرا ما كان هاملتون يقابل الأرستقراطيين الانجليز أو الايرلنديين فى الشارع فيستوقفونه قائلين : « بحق الشيطان ، ما هذه الرباعيات ؟ » ولكي يرضيهم هاملتون نشر كتابه الطريف « خطاب الى سيدة » ، فسر فيه هذه الكلمة بقوله : « انها توجد ، مثلا ، في الانجيل ، عندما أوكل هيرود الى بطرس الرسول مهمة قيادة أربع رباعيات من الجنود • • • واذا أخذنا مثلا آخر أقرب الينا وأكثر طرافة ، فان الكلمة وردت فى قصة سكوت « جاى ماترنج » ، حيث قال سكوت ان السير روبرت هازلوود يحشو عباراته الطويلة « بالثلاثيات والرباعيات » •

ومنذ ذلك الوقت حتى مات ، بعد اثنين وعشرين عاما ، عمل هاملتون على تطوير هذا الحساب الجديد • وكان الحزن والوحدة يخيمان عليه خلال الجزء الأغلب من هذه السنين ؛ فكثيرا ما كانت زوجته تمرض أو تغيب عنه • وكان يعمل طوال النهار فى قاعة الغذاء الموجودة بالمرصد ، حيث يحمل اليه الطاهي من وقت الى آخر شريحة من لحم الضأن • (وبعد أن مات وجدت بين أوراقه صحون بها عظام من قطع الضأن التى كان يأكلها)

وسرعان ما تبع كشف هاملتون كشوف أخرى جديدة في الجبر مثل نظرية المصفوفات ، وهي كذلك غير تبادلية • انه وضع اللبنات الأولى لمدرسة رائعة في الرياضيات ، بالرغم من أن هذه المدرسة لم تزهر وتؤت ثمارها الا بعد نصف قرن من الزمان • أذكر أنني كنت أناقش ألفريد نورث هوايتهد عام ١٩٠٠ عن مستقبل الرباعيات ، وقواعد الجبر غير التبادلية الأخرى ، في مجال علم الفيزياء ، وكان رأي هوايتهد أن علم الفيزياء يمكن معالجته الآن بقواعد الجبر العادية ، غير أنه من المحتمل أن تتفتح آفاق جديدة في علم الفيزياء لا تنطبق فيها الا قواعد الجبر غير التبادلية • وفي نفس ذلك العام بدأت هذه النبوءة تدخل دور التحقيق ، ذلك أن ماكس بلانك استخدم الكمة هـ عندما بدأ في وضع نظرية الكمات • ومن المعلوم الآن أن هـ هي كمة الفعل ، وأن الفعل كان التصور الرئيسي في نظام الديناميكا الذي وضعه هاملتون • وهكذا بدأت تبرز أفكار هاملتون عن الديناميكا ، وان كان ذلك حدث ببطء كبير • وعندما نشرت كتابي « الديناميكا التحليلية » عام ١٩٠٤ وجه الى نقد قاس ، لأنى كرست جزءا كبيرا منه في معالجة موضوعات مثل ازدواج عزوم الاحداثيات ، وكمية الحركة ، وغير ذلك من الأفكار التي قدمها هاملتون • وكان النقاد يعتبرون أنها أقرب ما تكون الى التلاعب الرياضي •

واستمر العمل الجاد بالرغم من كل شيء • وأدى كشف نظرية النسبية الخاصة الى بروز فكرة الرباعيات ، ذلك أن آرثر كيلي بجامعة كامبريدج كان قد أوضح منذ عام ١٨٥٤ أن الرباعيات يمكن استخدامها لتمثيل عمليات الدوران في

الفراغ ذى الأبعاد الأربعة ، وعبرت نتائجه بشكل جميل عن تحويل لورنز العام . وجاءت الكشوف الجديدة فأكدت مرة أخرى أهمية كمية الحركة التى تظل محتفظة بشكلها فى مختلف الأنظمة التى تتخذ أساسا ، ومن ثم فانها أكدت دور كمية الحركة الكبيرة فى الفيزياء النسبية .

وفى نفس الوقت بدأ العاملون فى نظرية الكمات يدركون أن مفاهيم هاملتون الديناميكية يجب أن تكون أساس كافة قواعد تقدير الكمات . وفى عام ١٩٢٥ أدخل ورنر هيزنبرج وماكس بلانك وباسكال جوردان الجانب الآخر من أعمال هاملتون ـ الجبر غير التبادلى ـ فى نظرية الكمات ، وذلك بأن بينوا أن معادلات هاملتون فى الديناميكا تنطبق فى هذه النظرية بشرط أن توضع الرموز التى تمثل الاحداثيات والعزوم فى الديناميكا الكلاسيكية كمؤثرات لا تطبق قاعدة التبادل على مضروباتها .



وكان الزمن يقف الى جانب آراء هاملتون عن الازدواج بين الاحداثيات المعممة وكمية الحركة المعممة . اتضح ذلك بكل جلاء عام ١٩٢٧ عندما كشفت قاعدة عدم التحديد لهيزنبرج . وتنص هذه القاعدة على أنه كلما حددنا احداثيات أحد الجسيمات بدرجة أكبر من الدقة ، توصلنا الى معرفة كمية حركته بدقة أقل ، والعكس من ذلك . وحاصل ضرب هاتين الدرجتين من عدم التحديد يدور حول « ثابت بلانك » .

وكان المشتغلون فى ميـدان ميكانيكا الكمات يميلون الى اعتبار أن نوع الجبر غير التبادلى الذى يتلاءم لأكبر درجة مع مشاكلهم هو المصفوفات أكثر مما هو الرباعيات . ولكن معادلات هاملتون الأصلية ظلت تثمر يوما بعد يوم . وما « مصفوفات اللف » التى توصل اليها ولفجانج باو ، والتى تعتمد عليها نظرية ميكانيكا الكمات عن الدورانات وكمية الحركة الزاوية ، الا وحدات هاملتـون الرباعية الثـلاث ى، ح ، ك . ولقد أوضح آرثر كونواى أن وسائل الرباعيات يمكن أن تستخدم عند مناقشة معادلة ب . ا . م . ديراك الخاصة بمقدار اللف فى الالكترون ولعل معادلة هاملتـون التى صاغها عام ١٩٤٣ تثبت أنهـــا التعبير الطبيعى لعلم الفيزياء الحديث .

ج . ف . فيتزجيرالد

في السنوات الأخيرة من القرن التاسع عشر . وانا شاب صغير ، كنت أعمل كأحد سكرتيرى قسم الرياضيات والفيزياء في الجمعية البريطانية لتطور العلوم . وهناك، عرفت واحدا من العلماء الذين يحضرون الاجتماعات السنوية للجمعية بانتظام وأحد المتكلمين البارزين في هذه الاجتماعات ، ذلك هو جورج فرانسيس فيتزجيرالد عالم الفيزياء البارز .

وعلى حين كنت أعرف جيدا علماء الرياضيات والفيزياء من كامبريدج وأكسفورد ، اذ كنت أعيش بينهم ، لم أكن أقابل العلماء الايرلنديين الا في اجتماعات الجمعية البريطانية . (ولعله يجدر بنا أن نذكر في هذا المجال ، ونحن نعجب ، أن عددا كبيرا من علماء الرياضيات والفيزياء في القرن التاسع عشر كان من أصل انجليزى ايرلندى ، فهناك وليام رووان هاملتون وهمفرى لويد وجورج جابريل ستوكس ولورد كلفن وجورج سالمون وجوزيف لارمور وفيتزجيرالد) . كان فيتزجيرالد يثير اعجابى ، وكان وجهه يدعو الى الالتفات بلحيته المسترسلة وعينيه الثاقبتين وبهاء طلعته ، وكانت خصل شعره الرمادية تضفى عليه جوا من الوقار بالرغم من أنه لم يكن قد تعدى الخمسين عندما مات عام ١٩٠١ . يقول أحد زملائه من غير المشتغلين بالعلم : « انه

يذكرني بمظهر الفلاسفة الاغريق الذين لا تملك الا أن تشعر ازاءهم بالاحترام العميق المنبعث من الاحساس بذكائهم وشخصيتهم » ·

كان أبوه هو السيد المحترم وليام فيتزجيرالد قسيس كورك وأكثر القساوسة بروزا في الكنيسة وكانت امه أخت جورج جونستون ستوني ، أحد علماء الرياضيات والفيزياء الذي يرجع اليه الفضل في صك كلمة « الالكترون » · وتعلم فيتزجيرالد الصغير في المنزل · ولعله مما يدعو الى العجب أن نلاحظ أن الكثيرين من الأطفال الذين تعلموا في منازلهم باشراف مدرس خاص قد نبغوا فيما بعد ، وأبرز مثل حي على ذلك هو برتراند رسل · أما السبب في ذلك فلست أنوى بحثه · ولعل المتشائم يقول ان تعليم المدارس يضع جميع التلاميذ في المرتبة الثانية وان الضرر لا يلحق بأغلب التلاميذ فهم ، على أية حال ، لن يتجاوزوا المرتبة الثانية · ولا شك أن الحظ حالف فيتز جيرالد عند اختيار مدرسه الخاص اذ لم يكن هذا المدرس سوى أخت جورج بول خالق المنطق الرمزي ·

وما ان بلغ فيتزجيرالد السادسة عشرة من عمره حتى التحق بجامعة دبلن حيث حصل ، عام ١٨٧١ ، على درجة ممتازة في الرياضيات والعلوم التجريبية · وفي تلك الأيام لم تكن هناك درجة دكتوراه ، وكانت الخطوة التالية لمن يرغب في متابعة دراسته أن يعتل حتى يحصل على لقب الزمالة · وكان مفروضا على الطالب في دبلن ، لكي يحصل على هذا اللقب ، أن يدرس بعمق كل أعمال الفرنسيين العظام : جوزيف لاجرانج وبيير لابلاس وسيمون بويسون

وجين فورييه ، هذا الى جانب أعمال عمالقة دبلن فى ميدان الفيزياء الرياضية : هاملتون وجيمس ماك كولا · وأنغمس فيتزجيرالد بعمق فى هذه الدراسات ، وجذبته كذلك الكتابات الميتافيزيقية للفليسوف الايرلندى جورج بيركلى · وفى عام ١٨٧٧ ، حصل على لقب الزمالة ، وفى عام ١٨٨١ انتخب أستاذا للفلسفة الطبيعية والتجريبية فى جامعة دبلن·

★★★

وحتى ذلك الوقت لم تكن ثمة دراسة للفيزياء التطبيقية فى دبلن · وكان أول معمل للفيزياء يدرس فيه الطلبة العاديون التجارب العملية ، حسب ما أعلم ، فى جامعة أدنبرة ، وفتحه الأستاذ ب · ج · تيت عام ١٨٦٨ · هذا بالرغم من أن وليام تومسون (الذى عرف فيما بعد باسم لورد كلفن) ظل ، لمدة سنوات ، يستخدم أبرز تلاميذه مساعدين له فى بحوثه · ولم يتقرر عمل كرسى أستاذية كافنديش فى كامبريدج الا عام ١٨٧١ · وما ان عين فيتزجيرالد أستاذا فى دبلن حتى أقنع مجلس كلية ترينتى باعطائه معملا كيميائيا غير مستعمل ، وفى هذا المعمل بدأ اعطاء الدروس فى الفيزياء التجريبية··

غير أن فيتزجيرالد كان عالما نظريا فى المقام الأول ، وأولى اهتمامه فعلا الى الأمور النظرية · لقد اهتم بمشكلة الأثير ، وقبل رأى نيوتن الشهير : « انني أعتقد أن افتراض احتمال تأثير جسم فى آخر يبعد عنه مسافة دون أن يكون بينهما وسط ما ، بل مجرد الفراغ ··· أمر مضحك وغير مقبول بحيث لا يمكن أن يخطر على بال شخص لديه ملكة

التفكير المتزن في الأمور الفلسفيــة » • كان فيتزجيرالد ، مثل ديكارت ، مقتنعـا بأن الفضــاء ، وحتى الفضــاء بين الكواكب ، يحتله وسط يمكنه آن ينقل القوى ويؤثر عـــلى الأجســام المــادية المغمــورة فيه ، بالرغم من أن حواسـنا لا تستطيع آن تحس بوجود ذلك الوسط • ولابد آن يكــون لهذا الوسط ، الأثير ، خصائص ميكانيكية • ولكن ، هل هي خصائص المواد الصلبة آو السائلة آو الغازية ؟

كان ديكارت يرى آن هــذا الأثير يتــكون من جسيمات صغيرة جدا في حالة حركة مستمرة بحيث تضغط الواحدة منها على الأخرى آو تصطدم بها • وفي القــرن التــالى جاء العالم الفرنسي السويسري جورج لويس لوساج ليقول ، ان هذا الوسط يتكون من عــدد لا نهــائي من كريات تتحــرك بسرعة كبيرة • وهذه الكريات صغيرة جدا لدرجة أن واحدة فقط من كل مائة تقابل أخرى خلال فترة تصــل الى ملايين السنين • والأثير ، بهذا الشكل ، يماثل ، لحد أو آخر ، صورة الغاز كما تقــدمها نظرية حركة الغــازات • والــواقع آن الفلاسفة الطبيعيين في القرنين السابع عشر والثامن عشر كانــوا يتجهون الى اعتبار الأثير نوعا من الغاز يتخلل كافة الأجسام ، ويملأ الفضــاء بين الكواكب ، وكانــوا يشبهون انتشار الضوء الأثير بانتشار الصوت في الغاز • غير أن هذه النظرية جابهت في أوائل القــرن التاســع عشر اعتراضا يستحيل تخطيه ، ذلك آن توماس يونج اكتشف عام ١٨١٧ آن ذبذبات الضوء تكون متعامدة على اتجاه الانتشار ، على حين تقع ذبذبات الصوت في اتجاه انتشاره • وهكذا تصدع التشبيه بين الصوت والضوء في خاصة أساسية • وكان لابد

من تعديل المفهوم الخاص بالأثير ٠ وهنا جاء أوجستين فرنزل عام ١٨٢١ ليقترح أن الأثير لا يسلك سلوك الغاز ولكنه يسلك سلوك الجسم الصلب المرن ، وفسر الذبذبات المستعرضة بأنها ناجمة عن مقاومة الأثير لمحاولة تغيير شكله ٠

وكانت الظواهر التي أخذت مرتبطة بالأثير هي الجاذبية والضوء ٠ غير أن هناك آثارا فزيائية أخرى يمكن أن تنتقل خلال ما يسمى بالفراغ أو الأثير مثل الكهربية والمغناطيسية ٠ ومنذ عام ١٨٠٠ قال يونج : « لعل التجارب تبين لنا في المستقبل ما اذا كان الأثير الكهربي هو نفس الأثير الضوئي ، هذا اذا كان لمثل هذا السائل وجود على الاطلاق » ٠ وكتب ميشيل فاراداي بعد ذلك بخمسين عاما : « من الجائز أن يكون للأثير ، اذا كان موجودا ، فوائد أخرى أكثر من مجرد نقل الاشعاعات» ٠ عندما تؤخذ الآثار الكهربية في الاعتبار ، يبدو أن أفضل نوع من الأثير هو الأثير السائل ٠ ولقد أوضح اللورد كلفن أن خواص القضيب المغناطيسي تماثل خواص أنبوبة مستقيمة مغمورة في سائل بحيث يدخل السائل من أحد طرفيها ويخرج من الطرف الآخر ٠ فاذا اقترب الطرفان المماثلان لأنبوبتين من هذا النوع فانهما يتجاذبان ، واذا اقترب الطرفان المختلفان فانهما يتنافران ٠ وعلى هذا ، فان القوى في هذه الأنابيب تختلف في اتجاهها عن قضبان المغناطيس ، غير أن قوانين الأثر المتبادل ، فيما عدا ذلك ، تنطبق في حالة هذه الأنابيب كما تنطبق في حالة قضبان المغناطيس ٠

★★★

وعندما انبرى فيتزجيرالد ليعالج مشكلة الأثير لم يغرق فى المادية الفجة التى تتميز بها كل هذه النظريات • كان يرى أنه ليس من الضرورى أن يصف ذلك الوسط بعبارات تنطبق على أنواع المادة المعروفة • والواقع أنه منذ عام ١٨٧٨ أشار الى أنه اذا كانت نظرية ماكسويل الكهربية المغناطيسية « تدفعنا الى تحرير أنفسنا من ربقة الأثير المادى، فانها قد تؤدى بنا الى نتائج فى غاية الأهمية متعلقة بالتفسير النظرى للطبيعة » •

وكان يحرك فيتزجيرالد فى بحثه دافعان : الأول اقتناعه بأن أثيرا واحدا يكفى لتفسير كافة الظواهر الفيزيائية ، والثانى ايمان عميق بنظرية ماكسويل الكهربية المغناطيسية عن الضوء • كان ماكسويل قد نشر نظريته فى الفترة بين عامى ١٨٦١ ، ١٨٦٤ ، غير أنها لم تلق القبول العام لأكثر من عشرين عاما • كان فيتزجيرالد من أقوى المؤمنين بها والمدافعين عنها ، وكان يدرك أن الأثير لابد أن يتصف بصفات السائل الى جانب صفات الجسم الصلب ، ونجح فعلا فى تقديم صورة تتضمن هذين المطلبين المتعارضين فى الظاهر • .

كانت نقطة البدء عنده هى نظرية المادة التى قدمها لورد كلفن • لقد أشار اللورد كلفن الى أنه يمكن تشبيه الفعل المتبادل بين الذرات بسلوك حلقات الدخان التى تقترب الواحدة منها الى الأخرى ثم تعود فترتد عنها ، وكان يرى أن الكثير من صفات الذرات يمكن تفسيره على أساس افتراض أن الذرات تتكون من حلقات زوبعية فى سائل

يتصف بالكمال . كان يؤمن بفكرة « الاسفنجة الزوبعية » ، وهى كتلة من السائل تختلط فيهـا أجزاء دوارة وأخـرى غير دوارة .

رأى فيتزجيرالد أن فكرة الاسفنجة الزوبعية يمكن ان تحل المشكلة التى تجـابهه ، ذلك أن الخيـوط الزوبعيـة الموجودة في سائل يتصف بالكمال تعبر عن نوع من الحركة تظل فيه محتفظة بذاتيتها مهما حدث من تغيرات ، هذا الى جانب أنها تضفى على السائل شـكلا أو آخـر من أشـكال التماسك . انها تقوم بدور قضـبان الصـلب التى يصب فوقها المسلح المقوى ؛ فالسائل يظل سـائلا غـير أن أجزاء منه تقاوم التشـكيل . انه يظل سـائلا من حيث تركيبـه الدقيق ، ولكنه يكتسب بعض صفات الجسم الصلب من حيث تركيبه العام .



وكان من الضرورى بعد ذلك التـوفيق بين المتجهـات الكهربيـة والمغنـاطيسية فى نظرية ماكسـويل وصـفات الاسفنجة الزوبعية . ولقـد فعل فيتزجيرالد ذلك بأن قال انه ما دامت الزوبعية فى السـائل الذى يتصـف بالـكمال لا يمكن خلقها أو القضاء عليها ، فان المجال الكهربى انما هو تعديل فى نظام استقطاب حركة الزوبعة . ومن الممـكن أن تنثنى الخيوط الزوبعية الطويلة بشـكل حلزونى حـول محور متواز مع اتجاه معين . وعندما تنثنى الخيوط بشـكل حلزونى فان طاقة السائل تزداد بالمقارنة بطاقته اذا كانت

الخيوط مستقيمة ، ويمكن قياس تلك الزيادة في الطاقة بمتجه مواز لاتجاه الخيوط • وان وجود خيط حلزونى واحد في السائل يؤدى الى انثناء الخيوط المستقيمة المتوازية المحيطة به ، ومن هذا الأثر يمكن بناء أنموذج من نماذج القوة المغناطيسية • وانتقل فيتزجيرالد بعد ذلك الى دراسة ديناميكيات الاسفنجة الزوبعية ، وبين أن كثافة الطاقة هي مجموع مربعى كميتين يمكن التعبير عنهما بالكثافة الكهربية والكثافة المغناطيسية • وعلينا أن نلاحظ أن الظواهر الكهربية المغناطيسية في هذا الأثر احصائية في طبيعتها إذ هي تعتمد على التركيب العام له •

ولقد كتب فيتزجيرالد كثيرا من المذكرات التى طور فيها نظرية ماكسويل الكهربية المغناطيسية ، اذ كان هو الذى قدم ما يعرف بمعادلات ماكسويل ــ لورنتز التي تربط بين المتجهات الكهربية والمغناطيسية ومواضع وحركات الشحنات• وكان هو الذى طبق نظرية ماكسويل على دوران مستوى استقطاب الضوء عن طريق عكسه بوساطة مغناطيس ، وعلى مشاكل مثل المجالات الكهربية والمغناطيسية الناجمة عن الشحنة المتحركة ، ومشكلة الدوران المغناطيسي للضوء الذى كشفه فاراداى وعلاقته بأثر زيمان ، وأثر كير ، وتوليد الطاقة المشعة بوساطة تيار كهربى صغير بحيث تتغير شدة التيار وفق قانون دورى بسيط • وكانت المتذبذبات الكهربية التى اقترحها قريبة الشبه من تلك التى استخدمها هينريش هيرتز بعد ذلك بعدة سنين في تجربته التاريخية التى أثبت بها وجود الموجات الكهربية (الهرتزية) •

غير أنه من المؤكد أن اسم فيتزجيرالد سيظل دائما مرتبطا بكشفه عن « تقلص فيتزجيرالد » ، وهو افتراض قدمه لتفسير نتيجة غريبة جدا توصل اليها عالما الفيزياء الأمريكيان أ٠أ٠ ميكلسون و ا٠و٠ مورلى وهما يحاولان قياس سرعة الأرض بالنسبة للأثير ٠ لقد استخدما مدخلا — وهو جهاز لقياس الحيز الطيفي — لمقارنة الزمن الذى يستغرقه الضوء ليقطع مسافة معينة في اتجاه حركة الأرض وفى الاتجاه المتعامد على اتجاه حركة الأرض ٠ كان من المنتظر أن يختلف الطول الضوئى فى الحالتين ، غير أن العالمين لم يلاحظا أى فرق على الاطلاق ٠ ولقد ادت تلك النتيجة الى ظهور الرأى القائل بأن الأرض فى سيرها تحمل معها الأثير ، غير أنه من الصعب بمكان التوفيق بين هذا الافتراض ونظرية الزيغ الفلكي وغيرها من الحقائق المعلومة ٠ وفى حين كان فيتزجيرالد يتناقش مع أوليفرلودج فى مكتب لودج بليفربول حول هذه المشكلة اذا هو يقول فجأة ان المشكلة يمكن أن تحل اذا ما افترضنا أن الجهاز قد تقلص بشكل آلى فى اتجاه حركة الأرض ٠ وتتبع فيتزجيرالد هذه الفكرة ووجد أن هذا التقلص يجب أن يحسب على أساس النسبة بين $\sqrt{1 - \frac{س^2}{ص^2}}$ والواحد الصحيح حيث س سرعة الأرض بالنسبة للأثير ، وص سرعة الضوء ٠

ولقد أشار عالم الرياضيات الايرلندى جوزيف لارمور بعد ذلك بوقت قصير الى أن الساعات والقضبان لابد أن تتأثر بالحركة ٠ واذا أردنا أن نعبر عن الأمر بشكل تقريبى فاننا نقول ان الساعة التى تتحرك بسرعة س ستبطىء فى سيرها

بنفس النسبة التي يتقلص بها قضيب متحرك بنفس السرعة . ولقد تحقق كلام لارمور حديثا بشكل تجريبي رائع عند ملاحظة معدل تحلل الميزونات ، وهي الجسيمات التي تنتج في الأشعة الكونية ، فحسب نظرية لارمور يبدو معدل تحلل الميزون ، بالنسبة لمشاهد يتخذ وضعا ثابتا ، أكثر بطئا كلما ازدادت سرعة حركة الميزون. ولقد وجد عام ١٩٤١ أن هذه هي الحالة فعلا .

★★★

وكان اكتشاف أن طول القضيب أو سير الساعة ليست خواص مطلقة للقضيب أو الساعة ، وانما هي خواص تعتمد على حركة كل منهما ، كان هذا الكشف أساس تفسير فشل كل التجارب التي أجريت بهدف تحديد سرعة الأرض بالنسبة للأثير .

★★★

ولقد أدى هذا الكشف الى وضع نظرية النسبية الحديثة التي يمكن أن يقال انها بدأت بكشف « تقلص فيتزجيرالد » الذي توصل اليه عام ١٨٩٢ . ومما يؤسف له أن فيتزجيرالد مات في عام ١٩٠١ فلم يتيسر له أن يشهد الثورة التي بدأها في فلسفة علم الفيزياء .

القسم الثالث

ما النار؟

بريستلى

فى صباح الاثنين ٩ يونيه عام ١٧٩٤ كتبت جريدة « أمريكا ديلى أدفرتايزر » التى تصدر فى فيلادليفيا تحيى وصول أحد المهاجرين من انجلترا ، فقالت : « انه لمما يبعث الرضا والارتياح فى نفوس الذين يدافعون عن حقوق الانسان ، أن تصبح الولايات المتحدة الأمريكية ، أرض الحرية والاستقلال ، ملجأ للشخصيات العظيمة فى هذا العصر ، أولئك الذين اضطهدتهم أوروبا ، لمجرد دفاعهم عن حقوق الأمم المستعبدة ٠

« وسيبقى اسم جوزيف بريستلى فى ذاكرة المستنيرين من الناس ، أما انجلترا فانها ستأسف ، ولا شك ، يوما ما ، على تلك المعاملة غير الكريمة التى عاملت بها هذا الرجل الشهير المحترم ... » ٠

هرب عالم الكيمياء الكبير عبر الأطلنطى الى العالم الجديد بعد حياة حافلة بالمشاكل التى لم تقتصر على العلم ، بل امتدت الى الاضطرابات التى سادت المجتمع فى أيامه العصيبة ٠ وكان بريستلى قبل ذلك بثلاثين عاما ، وهو بعد قس شاب ، قد ذهب الى لندن التى تموج بالمتحذلقين وقطاع

الطرق والصناع المهرة والنابهين . وكان فى الثلاثين من عمره ، نحيفا ، رقيقا ، تكاد ملامحه تميل الى الأنوثة . أما ملابسه فكانت تغلب عليها الاناقة الدنيوية أكثر منها ملابس أحد رجال الكنيسة . وكان مرحا ، حاضر البديهة واكتسب شهرة واسعة ككاتب فى المسائل الدينية . أما فقره فكان يقابله على أنه أمر واقع ، ولكن كان يتمتع بشجاعة أدبية لا تقهر .

ذهب بريستلى الى لندن لمقابلة الفيلسوف الشهير الذى حضر من المستعمرات الأمريكية بنيامين فرانكلين ، وكان فى قمة مجده كأحد العلماء . وكانت تجارب فرانكلين على البرق قد جعلت منه بطلا أسطوريا فى أعين معاصريه الأوروبيين . واعتقد الناس أنه قادر على أن ينتج شرارة برقية متى شاء . وأضافت كرامة منبته الى تلك الهيبة احاطة به ومع أنه كان مبعوثا الى لندن للدفاع عن وجهة نظر المستعمرات ، الا أن فرانكلين قد وجد من الدبلوماسية أن يحيا حياة عالم زائر بدلا من مبعوث سياسى .

كان بريستلى أحد رجال الجدل الدينيين الذين يدافعون عن مذهب التوحيد وعندما مات أبوه . وكان يعمل غزالا فى مدينة ليدز الصغيرة ، ربته عمته ، وكانت متسعة الأفق ومستقلة الرأى ، فنشأته فى جو من المناقشة الدينية الحرة . ونظرا لضعف صحته لم يستطع أن ينتظم كثيرا فى دراسته المدرسية ، ولكنه تعلم بنفسه الفرنسية واللاتينية والجبر والهندسة . وتحت تأثير عمته التحق بسلك الكنيسة ، فتعلم فى احدى الأكاديميات وتزوج من سيدة ذكية عندما كان فى الثامنة والعشرين من عمره وأصبح كاتبا معروفا فى

لمسائل الدينية . ولم يكن من المعقول أن يستحق ، هو بالذات ، أن يطلق عليه : « الخائن عدو المسيح » كما حدث فيما بعد .

★★★

وكان لزيارات بريستلى لصالون فرانكلين في لندن عقب زواجه أثرها في تغيير مجرى حياته . فلم يكن حتى ذلك الوقت قد اهتم بالعلم الا باعتباره من المربين . وكثيرا ما اقترح على فرانكلين أن يقوم أحد الأشخاص بكتابة كتاب مبسط عن الكهرباء ، وقد حثه فرانكلين أن يقوم بهذا العمل، ومن هنا نشأت فكرة الكتاب القيم الذى أنهاه بريستلى في عام عن « تاريخ الكهرباء ووضعها الحاضر » . وقد اضطر في أثناء كتابة هذا الكتاب الى التحقق بنفسه من صحة بعض النقط المختلف عليها في النظريات الكهربية . وكان لبريستلى شغف طبيعى بالبحث فقام ببعض الكشوف المبتكرة ، وكان منها أن الكربون موصل جيد للكهرباء .

وكان للنجاح الكبير الذى لاقاه هذا الكتاب أن انتخب بريستلى فى العام التالى عضوا فى الجمعية الملكية .

وكان هذا التذوق للعلم هو الذى دفع بريستلى فى طريقه الجديد ، ولكن الصدفة هى التى قادته الى طريق الكيمياء . فعندما كان في مدينة ليدز كان يقطن بجوار مصنع تقطير الخمور الذى يملكه جيكس ونيل ، وكانت الروائح النفاذة لمنتجات التخمير تتخلل مسكنه وأصبحت هدفا لأبحاثه الأولى .

كانت أفكار وآراء الكيميائيين القدامى مازالت تسيطر على علم الكيمياء ، فكانت المادة تقسم الى أربعة عناصر أولية هى اليابسة والنار والهواء والماء • وما ان جاء عهد بريستلى حتى كانت هذه العناصر الأرسطية قد قسمت الى عدة أنواع ومراتب • فقسمت اليابسة الى عدة أقسام : زئبقية وزجاجية وقابلة للاشتعال • وكانت هناك بالاضافة الى العناصر أربعة أرواح هى الكبريت والزئبق والزرنيخ والملح النشادرى ، كما كانت هناك ستة أجسام هى الذهب والفضة والنحاس والرصاص والقصدير والحديد • وكان الفلوجستون هو « روح » كافة المواد ، وبفضله كانت الأجسام القابلة للاشتعال تشتعل •

اعتزم بريستلى أن يفحص أحد أقسام الهواء وهو « الهواء الثابت » (غاز حمض الكربونيك أو ثانى أكسيد الكربون) • وكان من المعتقد أن جرب البحر ينشأ عن نقص « الهواء الثابت » فى جسم الانسان • ولذلك فقد صنع بريستلى جهازا لانتاج هذا الغاز من الطباشير وحمض الكبريتيك ثم مرر هذا الغاز فى الماء عن طريق أنبوبة مرنة وذلك بعد تنقية الغاز من الشوائب ، وبذلك اخترع بريستلى المياه الغازية • ولما شرح بريستلى طريقته هذه للورد ساندويتش ، أميرال البحرية ، تكونت لجنة لدراسة هذا المشروع ، ثم افتتحت ورشتان لتزويد البحرية بهذه المياه • وقد أثار عمل بريستلى هذا اعجاب الجمعية الملكية فمنحته ميدالية كوبلى وهى أكبر جائزة للكيمياء • وأعجبت الدوائر التجارية بهذه المياه فعبأها المدعو المستر بيولى وباعها وقد كتب عليها :

« لتحضير مشروب مستر بيولى أذب ثلاثة « دراهم » من الحفريات القلوية فى كل « كوارت » من الماء ، ثم مرر تيارا من الهواء الثابت الى ان يزول المذاق القلوى • يجب عدم تحضير كميات كبيرة من هذا المشروب ، كما يجب أن يحفظ فى زجاجات محكمة • ويمكن تعاطى أربع أوقيات منه كل مرة ، مع شرب قليل من الليمونادة أو الماء المضاف اليه القليل من الخل أو زيت الزاج المخفف (حمض الكبريتيك) ، مما يساعد على تصاعد الهواء الثابت فى المعدة » •

أما مشروع بريستلى العلمى الثانى فكان أقل حظا من سابقه • فقد رضخت البحرية الملكية لنداء علماء الفلك لارسال احدى سفنها لمشاهدة كسوف القمر فى جنوب المحيط الهادىء ، وكانت البحرية تبحث عن عذر مقبول لارسال بعثة بريئة المظهر الى هذه المياه ، ولذلك فقد خصصت سفينة تحت قيادة كابتن جيمس كوك ، وسمحت للعلماء بالصعود اليها بعد أن أعطت الكابتن كوك أوامرها بأن يعطى العلماء كل الفرص للقيام بمشاهدتهم ، ثم يستمر فى مهمته الحقيقية وهى رسم خريطة وادعاء ملكية الأرض الشاسعة الموجودة فى جنوب المحيط الهادىء والمعروفة باسم « أرض أستراليا المجهولة » • ولما كان بريستلى شغوفا بأن يذهب فى هذه الرحلة فقد عين قسا للبحارة • ولكنه منع فى اللحظة الأخيرة من الاشتراك فى الرحلة ، وذلك لكتاباته الدينية المتطرفة التى أكسبته أعداء كثيرين اتهموه بأنه قد يؤثر فى آراء أعضاء البعثة •

وعاد بريستلى الى تجاربه عن كيمياء الغازات ، التى ضمنها بعد ذلك فى كتابه « تجارب ومشاهدات على الأنواع

المختلفة من الهــواء » • وكان جهــازه الذى صــممه يتسم بالبســاطة والأناقة • كان يضــع مادة التفــاعل فى دورق زجاجى مملوء جزئيا بالزئبق ثم يقلب الدورق فى حــوض ملىء بالزئبق بحيث يصــــبح كل اناء نــوعا من بارومتر تورشيللى • فاذا تصــاعد غاز من هذا التفاعل أدى ضغطه المتزايد الى انخفاض سطح الزئبق الى أسفل فى الدورق • أما اذا امتص التفاعل أحد الغازات المحبوسة فى الدورق ، فان سطح الزئبق يرتفع وبذلك كان يســهل قياس التغيرات فى حجم الغازات • وكان بريستلى يستخدم أشعة الشمس لتسخين الغازات ، وذلك باستخدام عدسة لتجميع الأشعة •

وكان أول كشف لبريستلى هــو فى نفس الوقت أعظم كشوفه ؛ ألا وهو انتــاج وعزل غــاز الأكســـجين • سخن بريستلى المادة المعروفة آنذاك باسم موركيريوس كالسيناتاس (أكسيد الزئبق) فوجد أن الملح يعطى حوالى أربعــة أو خمسة أمثال حجمه من أحد الغازات • ولما وضع بعضا من هذا الغاز فى اناء مغلق به شمعة مشتعلة لاحظ أن الشمعة « قد احترقت فى هذا الهواء بلهب غاية فى العنف •• ولم ألحظ مثل هذا اللهب فى أى نوع آخر من الهواء •• فقــد احترقت الشمعة وهى تتوهج •• كما توهجت فى هذا الهواء شظية من الخشب واحترقت عن آخرها بسرعة فائقة » •

ثم علم بريستلى فيما بعــد أن الفيران تعيش فى غازه أطول مما لو عاشت فى نفس الحجم من الهواء العادى • وفى الآنية المغلقة كانت الشمعة المتقدة أو الحيوانات تؤثر فى الهواء بحيث تطفىء الشمعة أو يموت الحيوان بعد فترة •

وادرك بريستلى أنه اكتشف طريقة يمكن بها استعادة العنصر الحيوى الذى يفقده الهواء • ثم وجد الوسيلة التى تحافظ بها الطبيعة على هذا العنصر فى الهواء • كتب هذه الكلمات:

« لقد كنت سعيدا اذ تمكنت بالصدفة من معرفة الطريقة التى يمكن بها استعادة الهواء الذى أثرت فيه شمعة محترقة الى حالته الأولى ، واذ تمكنت من اكتشاف احدى هذه الوسائل التى تستخدمها الطبيعة لهذا الغرض ألا وهى النباتات » •

« ففى السابع عشر من أغسطس عام ١٧٧١ ، وضعت عودا من النعناع فى كمية من الهـواء تشـتعل فيها شـمعة فوجدت فى السابع والعشرين من نفس الشهر أن شمعة أخرى قد اشتعلت فى الغاز • وقد كررت هـذه التجربة بدون أى تغير فى ظروفها حوالى ثمانى أو عشر مرات فى المدة الباقية من صيف ذلك العام » •

★★★

وقد أولى بريستلى هذه التجربة عنايته وخلصها من كل ما لا داعى له من التفصيلات ، وذلك حتى يصل الى أبسـط نتيجة • وأثبت أن استعادة حيوية الهواء لا تنتج فقط من النعناع ، فالسـبانخ وزهر الريحان والحشـائش المسـماة جروند سـل كان لهـا نفس التأثير • ثم انتهى الى النتيجة التالية وهى أن : « النباتات ، بدلا من أن تؤثر فى الهواء كما يؤثر فيه تنفس الحيوانات ، فانها تعكس تأثير التنفس وتعمل على المحافظة على الهواء لطيفا عليـلا سـليما وذلك

★★★

عندما يفســد بفعـل تنفس الحيوانات الحيـة أو تعفن الحيوانات الميتة » ٠

وعلى العكس من آرائه المتطـرفة في الدين والسياسة ، كانت آراء بريستلي العلمية ونظرياته محافظة ، فقد تمسك بنظرية الفلوجستون ، اخذى بقايا الكيمياء القديمة ، بل لقد حافظ نفوذ بريستلي على هذه النظرية وأطال من عمرها دون ما داع لفترة أطول مما تستحق ٠ وقد تمكن بريستلي أيضا ، ولأول مرة ودون أن يدرك ذلك ، من عزل غازات النشادر («الهواء القوى») والأزوت وأكسيد الأزوتيك وأول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت (الهواء الحمضي الزاجي) ومواد أخرى ، وذلك بخلاف غازى الأكسجين وثاني أكسيد الكربون ٠

ولما اشتهر بريستلي كأحد أساطين العلم دعته الجمعيـة القمرية الشهيرة في برمنجهام ، والتي كان من بين اعضائها وزائريها بعض قادة العلم في ذلك الوقت ، من أمثال العالم الفلكي سير ويليام هيرشيل ، والمهندس جون سميتون ، وعالم النبات ايراسماس داروين ، والمخترع جيمس وات ٠ وكان أعضاء هذه الجمعية البالغ عددهم حوالى اثنى عشر عضوا ، يجتمعون في منزل كل منهم مرة كل شهر في أقرب يوم اثنين من اكتمال القمر ٠ وكانت الاجتماعات تبـدأ بالغداء في حوالى الثانية بعد الظهر ثم تستمر الى الثامنـة مسـاء حين يسطع ضوء القمر فيخرج الأعضاء لكى يمشوا الى منازلهم ٠ وقد كتب أحد اعضاء الجمعية الى صديق له ، بعد اشتراك بريستلي فى الجمعية :

« كثيرا ما تحدثنا عن الفلوجستون دون أن ندرى ما كنا نتحدث عنه · ولكن الآن ، وبعد أن ألقى دكتـور بريستلى الضوء على هذا الأمر ، اصبح فى امكاننا أن نصب هذا العنصر من اناء الى آخر بل ويمكننا ان نقدر بالدقة ما نحتاج اليـه من هذا العنصر لاختزال الجير عندما يلمس أى جسم مرئى · وباختصار ، فان هـذا الاله يمكن قيامتـه ووزنه كأية مادة أخرى · أما بالنسبة للأمور الأخرى ، فاننى أحيلك عـلى الدكتور نفسه » ·

وأمضى بريسـتلى عشرة الأعوام التالية فى برمنجهام سعيدا بأبحاثه فى الكيمياء ، وكتاباته عن التعليم واللاهوت · ومع أنه كان ملكيا مخلصا ، الا انه أعلن عن عطفه عـلى أهداف المستوطنين الأمريكيين فى أثناء الحرب الثـورية · وربما كان من الممكن أن ينجو بريستلى من العقوبة نتيجـة آرائه هذه ، كما فعل كثير من الانجليز ، لولا انه جاهر أيضا برأيه فى ضرورة فصل الكنيسة عن الدولة فى انجلترا كما أيد أهداف الثورة الفرنسية ·

كتب ت · ا · ثـورب الذى آرخ لبريستلى أنه « مـع تقديرنا لبريستلى كفيلسوف مجرب ، الا أن ما يدعونا الى زيادة حبه واحترامه وتقديره هو ما لاقاه من متاعب نتيجة لكفاحه من أجل الحريات المدنية والسياسية والدينية » ·

وفى يوم الباستيل عام ١٧٩١ شارك بريستلى جمـاعة من أصدقائه فى احتفال هادىء لهذه المناسبة فى برمنجهام · وكان بعض المتهوسين والمتعصبين قد وزع منشـورات قبلها

بخمسة ايام يتهمون فيها القائمين بالحفل بالخيانة ويهددون بريستلي وعائلته بالشنق • تجاهل بريستلي وأصدقاؤه هذه التهديدات . وتناولوا غداءهم في أحد المطاعم الخاصة بهدوء • ولكن المتاعب بدأت في المساء ، فأشعلت جماعة من الغوغاء المتهوسين الكنيستين المخالفتين في برمنجهام ثم اتجهت هذه المجموعة الى منزل بريستلي لحرقه وشنقه هو وأسرته • وقد وصفت احدى جارات بريستلي ما حدث عندما انتشرت أنباء اقتراب الغوغاء من منزل بريستلي وكيف حاول والدها ايقافهم :

« وصل أبي الى بوابة دكتور بريستلي قبل الغوغاء ، واتخذ لنفسه موقفا بينهم وبين المنزل ، فلما وصلوا اليه حاول أن يثنيهم عن غرضهم بالاقناع وبالاغراء بالمال ، وقد بدا كما لو كانوا قد اقتنعوا بكلامه ، عندما صرخ احدهم بصوت عال ، وكان من قادة الشغب : « لا تلمسوا أمواله ، فقد شنق رجل في ثورة ١٦٨٠ بلندن لأنه أخذ ستة بنسات» • ثم بدأ في قذف الحجارة • ولما وجد والدى أنه من غير المعقول مواجهة مائتي أو ثلاثمائة رجل أدار حصانه وانصرف » •

وبينما بريستلي وأسرته يحتمون بمنزل أحد الأصدقاء ، سطت الجموع على منزله وبعثرت أوراقه ، وهدمت المنزل وأشعلت النيران في الأنقاض • ثم توجهت تبحث عن بريستلي في كل مكان بالمدينة لمدة ساعات فهرب هو وأسرته في عربة قبل أن يمسكوا بهم بدقائق • ووصلوا الى لندن بعد أسبوع من الحادث وهم في سفر متواصل •

صدمت هذه الانباء كثيرا من الناس فى لنــدن ولــكن الكثيرين غيرهم أدركوا أنه لا دخان بلا نار ، وان آل بريستلى لابد أن يكونوا غير موالين · فقــد طلبت احــدى الخادمات اعفاءها من العمل لأنها كانت تعمل قريبا من منزل بريستلى وذلك خوفا من غضب الله · وبدأ أعضاء الجمعية الملكية فى مهاجمة بريستلى بعنف · ولم يستطع أبناؤه الالتحــاق بأى عمل فأبحروا الى أمريكا · وكانت انجلترا مقبلة اذ ذاك على تلك الثلاثين سنة من الاضطهاد حين كانت ترسل الســفن المحملة بالمسجونين السياسيين اما الى خليج بوتانى واما الى المشنقة

وأدرك بريستلى ، بعد مضى عامين فى لنــدن ، انه لن يتمــكن من العيش فى ســلام فى انجلترا · فقرر ان يلحق بابنائه فى بنسلفانيا · ورحب به جورج واشنطن فى الوطن الجديد ، وألقى المــواعظ فى جمع من النــاس كان بينهــم الرئيس جون آدامز ، وأصبح من الأصدقاء المقربين لتوماس جيفرسن · هذا ، وقد رفض الأستاذية وبعــدها رئاســة جامعة بنسلفانيا ، مفضلا أن يعيش فى هــدوء ·· ومات أقرب أبنائه الى قلبه ، ومن بعده زوجته التى لم تفق أبدا من الصدمة التى أصابتها فى برمنجهام ·

الا أن اقامة بريستلى فى المهجر لم تخل من عمل ، فقد أجرى تجاربه الشهيرة وشرحها لجيمس وود هاوس وجــون ماكلين وروبرت أومير وهم طليعة الكيميــائيين الأمريكيين الذين بدأوا عملية صقل ذلك العلم الذى فتح الطريق أمام كشف واستغلال ثروات الأراضى الأمريكية ·

لافوازييــــه

اشــتهر أنطــوان لوران لافوازييــه بأنه مؤسس علم الكيمياء الحديثة ، ولكن هذا العمل انما يعكس جزءا صغيرا من قصة حيــاته • ولو ان لافوازييــه لم يقم بأية تجـربة كيميائية ، لاستحق كذلك مكانا مرموقا في التاريخ • لقـد تعـددت جوانب نبــوغه ، ولم يكن من رواد علم الكيميــاء فحسب ، ولكنه كان كذلك رائدا في علم وظائف الأعضاء (الفسيولوجيا) ، والزراعة العلمية ، والتكنولوجيا ، كمـا كان من الشخصيات البارزة ، في عصره في مجالات الاقتصاد والتعليم العام والتنظيم الحكومي • التاريخ لا يحدثنا الا عن عدد ضئيل من أمثال هــذا الرجل الفــرنسي النابغــة الذي استطاع أن يحيط بمثل هذا العدد الكبير من فروع المعرفة •

ولد لافوازييه في مدينة باريس يوم ٢٦ أغسطس عام ١٧٤٣ وكان الابن الوحيد لوالدين مقتــدرين • ماتت أمه وهو مازال صغيرا ، فتربى في ظل رعاية وحب والده وعمته العانس •

أراد له والده أن يكون محاميا ، ونزولا على ارادة أبيه أتم أنطوان دراسته القانونية وحصل على الليسانس - ولكنه

أظهر ميله المبكر للعلم باختياره كلية مازاران للدراسة الجامعية حيث درس علوم الفلك والنبات والكيمياء والجيولوجيا على أيدى مشاهير الأساتذة . وبعد دراسة القانون عاد سريعا الى العلم . وما ان مرت سنوات ثلاث ، وهو بعد فى سن الخامسة والعشرين ، حتى إنتخب عضوا فى أكاديمية العلوم الملكية ، وذلك نتيجة لأعماله التى أسهم بها فى عمل خريطة جيولوجية لفرنسا ، وكذلك لبحوثه الكيميائية فى عجينة باريس . وكذلك لحصوله على الميدالية الذهبية الخاصة تقديرا للخطط التى قدمها فى المسابقة الملكية لتحسين الاضاءة فى شوارع باريس

ولما كان لافوازييه قد اعتزم أن يمضى فى طريق البحوث العلمية ، فقد بدأ اولا فى تأمين حياته المالية ، فاشترى نصيبا من أسهم شركة « فيرم جنرال » وهى الشركة الخاصة التى كانت تجبى الضرائب للملك . وقد درت عليه هذه الأسهم أرباحا طائلة طوال حياته ، ولكنها كانت السبب فى اعدامه بالجيلوتين .

تزوج لافوازييه ، وهو فى الثامنة والعشرين ، من مارى آن بيريت بولز ، وكانت فى الرابعة عشرة من عمرها ، وهى ابنة أحد كبار أعضاء شركة « فيرم جنرال » . ومع أن هذا الزواج كان من ترتيب والدها حتى لا تقع تحت ضغط الجهات العليا التى كانت ترغب فى زواجها من كونت عجوز فاسد الأخلاق ، الا أن الأيام أثبتت أن زواج لافوازييه من هذه العروس الطفلة كان ناجحا سعيدا . بدأت مارى فى تعلم اللغتين اللاتينية والانجليزية لترجمة الأعمال العلمية لزوجها الذى كان قليل الالمام باللغات الأجنبية . وترجمت

له كتابين هامين للعالم الكيميائى الايرلندى ريتشارد كيروين. وأعدت له موجزا لأبحاث نشرها جوزيف بريستلى وهنرى كافنديش وغيرهما من علماء الكيمياء المعاصرين • وأوضحت ترجماتها وملاحظاتها التى كانت تكتبها على الهوامش أنها كانت تلم بالكيمياء الماما يفوق مجرد المعرفة السطحية • وجعلت مارى من منزلها مكانا يؤمه العلماء الفرنسيون والأجانب ، كما كانت فنانة موهوبة ترسم وتحفر اللوحات لكتبه ، وساعدته فى معمله وكانت سكرتيرته التى تدون الملاحظات عن تجاربه الكثيرة • وبعد اعدام لافوازييه كتبت وطبعت كتابه الأخير « مذكرات فى الكيمياء » ، وهو الكتاب الذى كان قد جمع مواده فى السجن ولكنه لم يكمله ، ومن المؤسف انها قد كوفئت على عملها هذا أسوا مكافأة وذلك لزواجها التمس ، الذى لم يدم طويلا ، من الكونت رامفورد. وكان الكونت رامفورد عالما ومخترعا مشهورا الا أنه كان أيضا مغامرا ووصوليا نفعيا •

كانت أعمال لافوازييه فى الكيمياء سجلا حافلا يجدر بنا أن نستعرضه بسرعة • ففى عام ١٧٧٢ ، عندما كان فى التاسعة والعشرين من عمره ، بدأ دراسة احتراق الفلزات وكلسنتها (تأكسدها) ، ولاحظ أن الكبريت أو الفوسفور يزداد وزنه عندما يحترق ، وافترض أنه يمتص الهواء • وكان المفتاح الذى يفسر ملاحظاته هو كشف جوزيف بريستلى « للهواء الذى انتزع منه الفلوجستون » (الأوكسجين) • وقد بين لافوازييه بعد ذلك مباشرة أن هذه المادة التى أطلق عليها اسم الأوكسجين هى التى كانت تمتصها المعادن عند

تكوين « الكالسات » أى الأكاسيد · وأخذ يستبدل بنظرية « الفلوجستون » ، التي كان قد مر عليهـا حـوالى قرن من الزمان (وهى النظرية التى تقول ان المواد تحترق بسبب تسرب الفلوجستون) ، النظـرية الصـحيحة التى ترى ان الاحتراق عبارة عن اتحـاد كيميـائى بين المـادة المحترقة والأوكسجين · ولم يستطع لافوازييه تفسير تكون النار ، ولذلك فقد ادخل لفظ « الكالورى » لكى يشرح العنصر الذى لا وزن له أى الحرارة · ولكن التفسـير الـكامل للاحتراق والحـرارة لم يتم إلا بعـد نمـو نظـرية « الإنتروبى » أو « التعـادل » في القـرن التاسـع عشر · ومـع ذلك ، فان لافوازييه ، بالتعاون مع عالم الفيزياء العظيم بيير سيمون دى لابلاس ، قام بدراسات عن الحرارة المصاحبة للاحتراق ، وضعت الأساس لعلم الكيمياء الحرارية ·

★★★

فشلت نظرية لافوازييه فى مبدأ الأمر فى اعطاء تفسير لاحتراق « الهواء القابل للاشتعال » (الايدروجين) ، وهو الغاز الذى يتصاعد عند اذابة المعادن فى الأحماض ، وهنا كان الفضل لأحد اكتشافات كافنديش فى امداد لافوازييـه بالتفسـير الذى يحتـاج اليـه · فقـد علم كافنـديش أن الماء النقى ينتج عن احتراق « الهواء القابل للاشـتعال » ، فقام لافوازييه بعدة تجارب أخرى استنتج منها إن الماء عبارة عن مركب يتكون من غازين هما اللذان نطلق عليهما الآن الأوكسجين والايدروجين · وأدرك فورا أن هـذه الحقيقة تضع حجر الزاوية لبناء هيكل جديد كامل فى علم الكيمياء ·

لاقت الكيميـاء الجـديدة قبولا حسنا ، دعا الى اعادة النظر فى كشف العناصر ووضع نظام جديد لتسمية المواد ، ولقد وضع لافوازييه ، مع بعض كبـار علمـاء الكيميـاء الفرنسيين ، أسماء جديدة ، مازالت تستخدم الى وقتنا هذا مع بعض التغيرات البسيطة •

وكان من الطبيعى أن يؤدى شغف لافوازييه الشـديد بالاحتراق الى اهتمامه بالتنفس ، وهناك من يقول ان عمله فى هذا المجال يجعـل له الحق فى أن يلقب بمـؤسس علـم وظائف الأعضاء (الفسيولوجيا) والكيمياء الحيوية • ومن المـؤكد أنه وضـع نظاما حيث كانت تعم الفـوضى • كان الكثيرون قد عرفوا أن جميع أشكال الحياة تعتمد على عامل حيوى فى الهواء • وبين بريستلى ، وغيره ، بالتجـربة أن الحيوانات عندما تتنفس تستهلك عاملا ضروريا من الهواء • وكان على لافوازييه أن يبين الطبيعة الكيميائية البحتة لذلك الدور الذى يلعبه الأوكسجين ، أو كما كان يسمى فيما سبق ، الهواء الحيوى بالنسبة لعملية التنفس ، والاحتراق • وكان لافوازييه أول من أوضح أن حرارة الحيوان تنتج من عملية بطيئة مستمرة تحدث فى الجسم ، وأنها عبـارة عن عمليـة احتراق بطيئة • ولكى يثبت هذا عمليا صمم وأجرى عـدة تجارب رائعة بالتعاون مع لابلاس ، على نوع من « الفيران أو خنازير غينيا » حيث كانا يقيسان بدقة ما يأخذه الحيوان من الأوكسجين وما يخرجه من ثانى أكسيد الكربون والحرارة • وكانا يقيسان الحرارة بواسطة مسعر ثلجى من إختراعهما ، وبذلك وضـعا معـا أسـاس علم قيـاس الحـرارة أو الكالوريمترى • وكامتداد لهذا العمل تعاون لافوازييه بعد

ذلك مع آرمان سجوان فى برنامج للبحوث أدى الى توضيح حقائق عمليات الأيض . والجهاز الذى صممه لافوازييه والذى أجرى به هذه البحوث يعتبر الأب المباشر للجهاز الذى يستخدم اليوم فى قياس عمليات الأيض الأساسية .

★★★

وكثيرا ما كان لافوازييه يضطر الى وقف بحوثه عندما تدعوه الحكومة الى ان يقدم لها المساعدة الفنية . دعته الحكومة ذات يوم الى العمل لحل مشكلة النقص فى البارود . كانت فرنسا تشكو من ندرة ملح بيتر (نترات البوتاسيوم). وهو احد المركبات الاساسية فى صناعة البارود ، كانت تنتجه احدى الشركات الاحتكارية بطريقة غير فعالة . وقد طلب مراقب عام المالية مشورة لافوازييه الذى اقترح أن تؤسس الحكومة « ادارة المساحيق » . وقد عين أحد أربعة مديرين لهذه الدار ، ثم استمر فى وضع طرق جديدة للانتاج اكثر كفاءة . واستطاع خلال ثلاث سنوات أن يرتفع بانتاج فرنسا السنوى للبارود من ٧١٤ طنا الى ٨٦٦٧ طنا . ويمكن القول ، ان جهود لافوازييه هذه ساعدت على نجاح الثورة الأمريكية ، لأنه لولا البارود الذى أمدت به فرنسا الثوار لتغيرت نتيجة الثورة .

ولقد منحت ادارة « المساحيق » لافوازييه منزلا ومعملا للبحوث داخل دار الصناعة ، حيث قضى أسعد سنى حياته وأكثرها انتاجا ولكن تخللت هذه المرحلة تجربتان تدلان على مدى ما يتعرض له العالم الذى يعمل فى خدمة الحكومة . ففى أحد الأيام ، كان لافوازييه ، ومعه زوجته وثلاثة من

مساعديه، يجرون تجربة على ملح كلورات البوتاسيوم لدراسة امكانية استخدامه كاحد المفرقعات فحدث انفجار في المعمل ادى الى وفاة اثنين منهم ، ولكن لافوازييه نجا سالما هو وزوجته • وقد أبلغ لافوازييه الحادث الى وزير الملك في عبارات سامية تنم عن طبيعة أخلاقه :

« فاذا تكرمتم ، يا سيدى ، بعرض أمر هذا الحادث المؤسف ، على الملك والأخطار التي تعرضت لها ، فانني ارجوكم أن تنتهزوا هذه الفرصة لكي تؤكدوا لجلالته أن حياتي فداء له وللدولة ، وأنني سأكون دائما على استعداد للتضحية بها لما فيه مصلحته ، اما بتكرار نفس العمل على المادة المفرقعة الجديدة ، وهو عمل أومن بأنه ضروري ، واما بأية وسيلة أخرى » •

أما التجربة الأخرى فكانت سياسية • ففي عام ١٧٨٩ ، عندما استولى الثوار على باريس ، قررت ادارة المساحيق أن تشحن ١٠,٠٠٠ رطل من البارود الصناعي الرديء الى خارج المدينة لاستبدال نوع أحسن به • وأزعجت هذه العملية الأهالي ، فأمر لافاييت ، وكان مسئولا عن الذخيرة ، باعادة الشحنة الى دار الصناعة • واستدعى الكوميون المحلي المديرين للتحقيق معهم بتهمة الخيانة ، ومع أن نتيجة التحقيق كانت لصالحهم الا أن صيحة الرأى العام للمطالبة باعتقال لافوازييه لم تخفت الا بعد عودة شحنة البارود الى دار الصناعة •

★★★

وكان لافوازييه ، مثل توماس جيفرسون ، الذي كان يشبهه من وجوه كثيرة ، شغوفا جدا بالزراعة • وكان قد

ورث عن والده مزرعة فى لابورجيه ، ثم امتلك بعد ذلك بقليل مزرعة كبيرة بالقرب من مدينة أورليان. وكان يزرع فيها بنفسه ٣٧ هكتارا ويؤجر ٨٥٦ هكتارا ، وكان من عادته أن يقضى مواسم البذر والحصاد فى المزرعة ، وأن يمسك حسابات دقيقة للمحاصيل وأثمانها . وسرعان ما قرر المزارع لافوازييه أن كمية المحاصيل ترتبط ارتباطا وثيقا بكمية السماد الذى يستخدم فى الحقول . ثم أجرى تقديرا دقيقا للعلاقة بين كمية الماشية ومساحة المراعى والأرض المنزرعة فى مزرعة مشتركة للرعى والزراعة . وكانت دراساته عن احتياجات المحاصيل المختلفة والماشية عملية جدا وغاية فى النجاح . وأمكنه أن يسجل ، بكل ارتياح ، أنه فى خلال ١٤ عاما ضاعف انتاج القمح ووصل بانتاج الماشية الى خمسة أمثالها .

وكان لافوازييه يبذل نشاطا كبيرا فى الجمعية الزراعية فى باريس ، وكذلك فى الادارة الزراعية ، حيث كان واحدا من ضمن الأعضاء الخمسة المؤسسين ومنارها المرشد . وقد مثل الدائرة الثالثة فى برلمان أورليان المحلى حيث كان المحرك الأول لأغلب المناقشات والموضوعات محل البحث . وكانت تقاريره ، التى غلبت على محاضر جلسات البرلمان ، لا تتناول المسائل الزراعية فحسب بل تتناول كذلك موضوعات متعددة مثل المعونة الاجتماعية لليتامى والأرامل، وخطوات تأسيس بنك للتوفير فى أورليان ، والغاء السخرة (التى كانت تستخدم لاصلاح الطرق) والاصلاحات الضرائبية واعداد خريطة لمعادن الاقليم . واقامة ملاجىء ومشاغل للفقراء . وقد عبر عن عقيدته الاجتماعية فى

الكلمات التالية « يجب ألا تقتصر السعادة على عدد محدود من الناس ، ان السعادة ملك للجميع » • وكان لافوازييه يؤمن بالأرض وأن الثروة تنبع من الأرض وأن الحرية الشخصية من أقدس حقوق الانسان •

ومع أن لافوازييه كان رائدا فى مجال العلوم، وسياسيا من الأحرار ، واجتماعيا من المصلحين ، الا أن آراءه عن المال والاقتصاد كانت محافظة ، وقد اختير فى الجمهورية الجديدة عام ١٧٨٩ لرئاسة بنك الخصومات الذى تحول فيما بعد الى بنك فرنسا • وقد حذر ، فى أحد تقاريره التى تتسم بالوضوح والادراك العميق ، من خطر التضخم • وبعد ثلاث سنوات قدم لافوازييه تقريرا الى المجلس الوطنى عن الحالة المؤسفة التى وصلت اليها مالية البلاد • ولقد ذكر أحد الخبراء حديثا أن تقرير لافوازييه وعرضه للموقف آنذاك كان رائعا • وطبع هذا التقرير بير ديبون ، وكان صديقا للافوازييه الذى ساعده ماليا فى انشاء دار النشر ، كما كان ولده أرينيه مساعدا فى مكتبة دار الصناعة أيام كان لافوازييه أحد مديريها - وعندما أسس أرينيه ، بعد هجرة أسرة ديبون الى الولايات المتحدة ، مصانع البارود الضخمة فى ديلاوير، أراد أن يطلق عليها مصانع لافوازييه، ولكن رأى الأسرة استقر فى النهاية على تسميتها باسم شركة ديبون دى نيمور • . .

ويعتبر كتاب لافوازييه الشهير فى الاقتصاد السياسى « عن ثروة الأرض فى المملكة الفرنسية » من أشهر الكتب فى تاريخ الاقتصاد • وكان قد بدأه قبل الثورة ، ولكن المجلس الوطنى اعتبره مفيدا جدا فيما بعد بحيث أمر بطبعه

عام ١٧٩١ · وكان من رأى لافوازييه أنه لا يمكن وضع نظام معقول للضرائب الا على أساس من المعرفة الدقيقة لانتاج البلاد الزراعي ، ولذلك فقد جمع البيانات من جميع مقاطعات فرنسا · وكانت أرقامه عن الانتاج والاستهلاك وعدد السكان من أولى الاحصائيات القومية الموثوق بها · ولقد أوصى لافوازييه أن تنشىء فرنسا معهدا لجمع ودراسة كافة البيانات الاقتصادية ـ سواء فى الزراعة أم فى الصناعة ـ وعدد السكان ورأس المال وغيرها ·

وكان لافوازييه ، باعتباره أحد أعضاء اللجنة الاستشارية التى كونتها الحكومة لدراسة الشئون الهامة للتجارة والمهن ، قد اقترح نظاما قوميا للتعليم ، وأكد أن تعليم الشعب يعتبر أمرا مفيدا للدولة ، وأن التعليم الحر يجب أن يكون مباحا للجميع بصرف النظر عن الجنس أو الوضع الاجتماعى · واقترح انشاء أربعة أنواع من المدارس : الابتدائية ، والفنون الأولية ، والمعاهد ، واثنتى عشرة مدرسة قومية عليا فى أكبر المدن الفرنسية وعددها اثنتا عشرة مدينة · كما اقترح خلق أربع جمعيات قومية لتطوير العلوم الرياضية والفيزيائية ، والتطبيق التقنى للعلوم ، والعلوم السياسية والانسانية ، والآداب والفنون الجميلة ·

ومن الأعمال التى لعب لافوازييه فيها دورا كبيرا تلك المحاولة الفرنسية التى لا يعرفها الكثيرون والمتعلقة باقامة نظام طموح للتعليم العالى فى الولايات المتحدة الوليدة عام ١٧٨٨ · وكانت الروح المحركة لهذا العمل هو ألكسندر مارى كوسنى دى بوربير حفيد أحد مشاهير الفلاسفة الفرنسيين ،

وكان مهتما بالاقتصاد ، كما كان طبيب القصر • واقترح كوسنى اقامة كليــة فى ريتشموند ، العاصــمة الجــديدة لفرجينيا ، تأخذ طابعا عالميا • وعينت الأكاديمية الفرنسية لجنة ، كان أحد أعضائها لافوازييه ، لدراســة الموضوع ، ووضع أعضاء اللجنة تقريرا مؤيدا للفكرة • ويغلب عــلى الظن أن لافوازييه هو الذى كتب التقرير ، خاصة اذا علمنا استعداده لأخذ مسئولية كتابة التقــارير فى مثــل هـــذه المسائل •

وقد شيدت فعلا آكاديميــة كوســنى فى ريتشــموند ، ولكنها لم تبدأ عملها قط وذلك نظرا للتغيير الثورى الذى حدث فى فرنسا فى العام التالى • وفى نفس هذا المبنى أقر رسميا دستور الولايات المتحدة • وتحول المبنى فيما بعد الى مسرح ، احترق عام ١٨١١ ، وأعيد بناؤه ، ومازال يستخدم كنيسة الى يومنا هذا •

وكان من أول أهداف الثورة الفرنسية ــ بعد سقوط الملكيــة ــ شركة « فيرم جنرال » جابيــة الضرائب ، والتى اكتسب أعضاؤها كراهية الشعب لهم باعتبارهم من مصاصى الدماء الذين أثروا على حساب الشعب• وأخيرا أغلق المجلس الوطنى هذه الشركة وأمرها بتقديم تقرير عن حساباتها • وأدى تأخير تقديم هذا التقرير الى اثارة اللجنــة الثــورية فأمرت فى ١٤ نوفمبر عام ١٧٩٣ بالقاء القبض على جميع أعضاء الشركة • وعندما سمع لافوازييه بهــذا القــرار ، اختفى وحاول وقف القرار نظرا لأعماله العلمية القيمــة لبلاده • ولكن هذه المحاولات لم تفلح فاضطر الى تســليم نفسه بعد بضعة أيام •

وسجن أعضاء الشركة في مكاتب الشركة السابقة حيث أنهوا كتابة تقرير عن الحسابات النهائية فى شهر ينــاير من عام ١٧٩٤ · وبينت حساباتهم بوضوح تام أن جامعى الضرائب كانوا يتصرفون طبقا للقانون ·

الا أن الارهاب كان قد وصــل الى أقصى مراحله ، ولم يعد هناك مفر أمام أعضــاء الشركة ، اذ وجهت اليهم تهم جديدة ولصقت بهم افتراءات ، مثل تحصيل فوائد باهظة ، وخلط الدخان بمزيد من الماء (مما يضر بصحة المدخنين) ، وأمثال ذلك · وفى ذلك الجو المحموم الذى كان متفشــيا فى فرنسا لم يجد موجهو الاتهام صعوبة فى اصــدار قرار بتقديم المتهمين الى محكمة الثورة · وكان هذا القرار يعنى الحكم بالاعدام ·

وفى الساعة الواحدة من صــباح ٨ مايــو عام ١٧٩٤ سلم كل منهم نسخة تكاد لا تقرأ من التهم الموجهــة اليــه ، وفى الساعة العاشرة من صباح نفس اليوم استدعوا أمام المحكمة · وهناك قامت مشكلة ، فالمحكمة كانت مختصة فقط بمحاكمة الذين يقومون بنشاط معاد للثورة ، وهــو ما لم يتهم به أعضاء الشركة · ولكن رئيس المحكمة جان باتيست كوفينال ، تغلب على هــذه المشكلة بأن طلب من المحلفين أن يسألوا أنفسهم اذا كان قد اتضح لهم أن المتهمين قد اشتركوا فى مؤامرة ضد الشعب بأن أتوا أعمالا ضارة ، مثل تموين أعداء الجمهورية بأموال اختفت بشــكل غــير قانــونى من الخزانة ، وهى تهمة لم تذكر فى قائمــة الاتهــام ولم يقم

عليها أى دليل فى أثناء المحاكمة . وأصدر المحلفون قرارا جماعيا بالادانة ، وأعدم المتهمون بالجيلوتين قبل منتصف الليـــل .

وهكذا مات عالم فرنسا العظيم ، وقال جوزيف لويس لاجرانج ، عالم الرياضيات الكبير فى اليوم التالى : « ان قطع ذلك الرأس قد تم فى لحظة ، ولـكن قرنا آخر قد لا يكفى لكى يظهر رأس آخر مماثل » .



القسم الرابع

المغناطيسية والكهرباء

بنيـــامين فرانكلين

بالرغم من آن كل جـــوانب حيـــاة بنيامين فرانكلين قد تعرضت لدراسة دقيقة فاحصـــة وناقدة ، الا آن مكانه من تاريخ العلم ، كما تصفه كتب التاريخ الأمريكى ، مازال مشوها • ففى آثناء حياته ، كان فرانكلين معترفا به بين معاصريه من العلماء باعتباره آحـــد كبـــار آئمة العلم فى عصره • وآعلن جوزيف بريستلى آن كتـــاب فرانكلين عن الكهرباء يجب « آن يسلم الى الأجيـــال القـــادمة كتعبير عن المبادىء والنظريات الصحيحة فى الكهرباء ؛ تماما كما تعتبر فلسفة نيوتن تعبيرا عن النظام بوجه عام » • وحاز فرانكلين آسمى آشكال التقدير العلمى من معاصريه • وقام آحـــد الكتاب بمقارنة كتابات فرانكلين بكتـــاب نيـــوتن الشـــهير « البرنكيبيا آو الأسس » ، وقال : « ان التجارب والمشاهدات التى آجراها الدكتور فرانكلين بمثابة قواعد علم الكهرباء ، كما آنها تضع آساسا لنظام بسيط بقدر ما هو عميق » •

وينحو آغلب الكتاب اليـــوم اما الى تآكيـــد اكتشـــافات فرانكلين التطبيقية ، واما الى انكار مكانته بين مؤسسى العلم البحت • ومن آمثال ذلك تلك المقالة التى ظهرت حديثا فى مجلة « العلوم » حيث آعلن الكاتب آن السبب الوحيد الذى

يدعو أحيانا الى اعتبار فرانكلين من كبار العلماء ووضعه ، من حين لآخر ، بين قائمة العظماء الحقيقيين ، مثل ج · ويلاردجيبس و · أ·آ· نيكلسون ، هو أنه كان شخصية هامة في تاريخ أمريكا السياسي ·

★★★

وتهتم أغلب الكتابات التي وضعت عن حياة فرانكلين العلمية بالتركيز على العمل الذي يكاد يعرفه الجميع الا وهو اثباته ، عن طريق طائرة من الورق أطلقها في أثناء عاصفة، لصحة الفرض القائل بأن البرق عبارة عن شرارة كهربية · وقد يصل البعض الى حد انكار حقه في هذا العمل الرائع الممتاز ، فقد جاء في مقالة باحدى المجلات العلمية المعروفة أن قصة الطائرة والبرق انما هي من نسج خيال مؤلفي الأساطير ، وهذا بالرغم من أن فرانكلين كان قد نشر هذه التجربة ، التي أعاد تجربتها غيره من العلماء ، في أكبر مجلة علمية في ذلك الوقت ·

ولكن ، دعونا ننس أمر هذه الطائرة ، فلم تكن بذات أهمية كبرى في حياة فرانكلين ، كما أنها لم تكن أول تجربة يضع تصميمها لاثبات الطبيعة الكهربية لشرارة البرق ، الى جانب أن هذه التجربة لم تكن الأولى التي أثبتت صحة هذا الفرض ، وهذا الفرض نفسه لم يكن من وضع فرانكلين · ان مكانة بنيامين فرانكلين في تاريخ العلم تستند الى أسس أقوى وأمتن ، ومن بين هذه الأسس ذلك السجل الكبير والحشد الهائل من الحقائق الجديدة عن الطبيعة التي كشف عنها بمهارته الفائقة في تصميم وتنفيذ التجارب ، بالاضافة الى نبوغه في اقامة صرح أول نظرية متكاملة موحدة عن الفعل

الكهربى . وبالاضافة الى ذلك ، فان نجاحه الفائق قد أعطى فن اجراء التجارب مكانة جديدة كان فى أشد الحاجة اليها فى القرن الثامن عشر . كما أن النظريات الكهربيـة التى جاءت فى كتابه « تجارب ومشاهدات عن الـكهرباء أجريت فى فيلادلفيا بأمريكا » مازالت جزءا من نسـيج النظريات الكهربية فى الوقت الحاضر . اننا نكـرم دون أن ندرى ، بنيامين فرانكلين عندما نذكر كلمات « موجب » و « زائد » أو « سالب » و « ناقص » ، وبطارية كهربية ، وغيرها من المصـطلحات التى كان فرانكلين أول من اسـتخدمها فى الظواهر الكهربية .

ويعتبر كتاب فرانكلين عن الـكهرباء من أهم الـكتب العلمية التى أعيد طبعها فى منتصف القرن الثامن عشر . فقد ظهرت له خمس طبعات بالانجليزية وثلاث بالفرنسية وواحدة بالايطالية وواحـدة بالألمانيـة . وكانت سـمعة فرانكلين العلمية من العظمة بحيث انتخب زميلا فى الجمعية الملكية ومنح فيها ميدالية كوبلى لتجاربه على الكهرباء . وفى عام ١٧٧٣ انتخب واحدا من ثمانية من «الأعضاء الأجانب» فى أكاديمية العلوم الملكيـة فى باريس . وعنـدما كانت الأعمال العلمية تنـال تقـديرا أكبر مما تناله فى وقتنـا الحاضر ، كان كتاب فرانكلين يدرس على نطاق واسع وكان اسمه على كل لسان .

بدأ اهتمام فرانكلين بموضوع علم الـكهرباء حـوالى عام ١٧٤٤ ، وفيما بين عامى ١٧٤٧ ، ١٧٥١ توصـل الى أهم كشوفه ، وبدأ يكتسب سمعته ومكانته العلمية . وعـلى عكس القاعدة العامة التى تقول ان أعظم الكشوف فى علم

الفيزياء قام بهـا رجال فى العقـد الثـالث أو الرابع من حياتهـم ، نرى فرانكلين قد بدأ حيـاته العلميـــة فى سن الأربعين ؛ وكان قبل ذلك مشغولا فى كسب قوته ، مما لم يدع له وقتا كافيا للأعمال العلمية · ولما نجح فى الشـئون المالية ووجد أن البحث عن الحقيقة يتفق وميوله ومواهبـه قرر ، كما جاء فى مذكراته ، أن يوقف أعماله وأن يقضى وقته فى اجـراء التجـارب · وما كاد يترك أعمـاله حتى اجتاحت الوطن أزمة كبرى ، فترك بحوثه العلمية جانبا لكى يشترك فى الدفاع عن فيلادلفيا · ومنذ ذلك الوقت ، والى أن مات ، لم يكن يجـرى تجـاربه العلميـة الا فى أوقات فراغه · ولم يكف قط عن خدمة مدينته ووطنه · وعندما بلغ من العمر ٨١ عاما ، وبعـد انتهـاء عمله فى باريس ، وكان يستعد للعودة الى وطنـه آمريكا ، كتب فرانكلين الى أعز صديق عالم كان يراسله وهو الطبيب الهولاندى جان انجن هاوس ، بأنه قد أصبح مرة أخرى رجـلا حرا « بعـد خمسين عاما قضيتها فى الشئون العامة » · وكان يرجو أن يذهب معه صديقه الى أمريكا حيث « يمكننا فيما تبقى لى من العمر ، أن نجرى معا الكثير من التجـارب » ، ولكنـه ، للأسف ، لم يستطع تحقيق هذا الأمل ، فلم تكن الأيام التى تنتظره هى أيام السعادة فى استجلاء الطبيعة ، ولكن أيام الاجهاد والتعب فى وضع الدستور · وقبل ذلك بوقت طويل كان أمام فرانكلين أن يختار أحـد طـريقين ، اما طـريق الفيلسوف الهادىء واما « الرجل الذى يعمل فى الشـئون العامة » · ولم يتردد فرانكلين فى اختيـار مصـيره وقال : « لو كان نيوتن قائدا لمركب واحد لما بررت له أبدع كشوفه

ترك القيادة فى ساعة خطر واحـدة ، فما بالـكم بمصـير الكومونويلث كله » •

واننا اذ نقرأ هذه السطور اليوم لا يسعنا الا أن نذكر علماءنا الذين تركوا أبحاثهم الخاصـة فى أثنـاء الحـرب الأخيرة لكى يخدموا وطنهم • ولكن هناك فارقا جوهريا بين الحالتين ، ذلك أن فرانكلين كان العـالم الأمريكى المشـهور الوحيد ذا السمعة العالمية ، ومع ذلك فقد رأى أنه يستطيع تقديم خدمة أكبر لبـلاده بالسـفر الى الخـارج للدفاع عن حقوقها ، أكثر مما لو طبق خبرته العلمية فى تصميم أجهزة جديدة للتدمير • ومع ذلك فقد كانت مكانة فرانكلين العلمية من العظمة ــ وهو الذى يلقب بنيوتن عصره ــ لدرجة أن البعض قد ظن أن الرجل الذى تمكن من تسخير البرق سوف يستخدم مواهبه لصنع سلاح رهيب جديد • وكتب هوراس والبول عام ١٧٧٧ يقول : «ان الفلاسفة الطبيعيين يعتقدون أن الدكتور فرانكلين قد اخترع آلة فى حجم علبة الثقـاب ومواد يمكنها أن تحيل كاتدرائية سانت بول الى حفنـة من الرماد » •

لقـد تنـاولت الأعمال العلميـة التى أنجزها بنيامين فرانكلين ميادين مختلفة ، منهـا دراسـات تعتبر الأولى من نوعها فى التوصيل الحرارى ، ونشأة العواصف ، وغيرها • الا أن أكبر أعماله كانت فى الكهرباء • ولقد اهتم بالكهرباء الاستاتيكية ، وهو علم الكهرباء الساكنة أو التى تتحرك فى انتفاضات سريعة مفاجئة • وكانت الحقائق المعـروفة عن هذا الموضوع ، قبل فرانكلين ، ضئيلة ولم تكن تفسيراتها مرضية • وعندما ترك هذا الميـدان ، كان السـجل حافلا

بمجموعة من البيانات والمشاهدات الجديدة ولقد قامت نظرية فرانكلين عن الفعل الكهربى بجمع هذه الحقائق وربطها ، وبذلك مهدت الطريق أمام مزيد من التقدم فى المستقبل ·

★★★

ان نظرية فرانكلين عن الفعل الكهربى بسيطة ومباشرة ، وتقوم على فكرة رئيسية وهى أنه توجد « مادة مشتركة » تتكون منها الأجسام ، هى « المادة الكهربية » ، أو اذا استخدمنا مصطلحات القرن الثامن عشر « السائل الكهربى » أو « النار الكهربية » · وتحتوى جميع الأجسام فى الحالة العادية على كمية ثابتة من السائل الكهربى · ولكن جسما ما ، تحت ظروف معينة قد يكتسب مزيدا من السائل الكهربى أو يفقد بعضا من رصيده منه · وفى هذه الحالة « يتكهرب » الجسم أو « يشحن » ففى الحالة الأولى ، عندما يكون بالجسم فائض من السائل الكهربى ، يطلق فرانكلين على الشحنة اسم « موجب » أو « زائد » ، وذلك دليل على أن شيئا قد أضيف اليها ؛ وفى الحالة الثانية ، يطلق عليها اسم « سالب » أو « ناقص » لكى يدل على أن شيئا قد فقد · وعندما ندلك قضيبا من الزجاج بقطعة من قماش الحرير ، فان الزجاج يكتسب مزيدا من السائل الكهربى وتصبح شحنته زائدة أو موجبة · وأكد فرانكلين أن الكهرباء لم تخلق بالاحتكاك ، كما كان يعتقد كثير من معاصريه ، ولكنها فى الواقع أعيد توزيعها بعملية الدلك · فاذا اكتسب الزجاج مزيدا من السائل فلابد أن يفقد الحرير نفس الكمية ، وبذلك يكتسب شحنة سالبة بنفس المقدار · ونحن اليوم نطلق على هذا اسم قانون «عدم فناء الشحنة» ·

ولقد أوضح فرانكلين نظريته وشرحها بالتجربة التالية • اجلس رجلين على مقعدين زجاجيين متعزلين ، وشحن أحد الرجلين بشحنة موجبة والآخر بشحنة سالبة • وعندما تلامست أيدى الرجلين ، فقد كان منهما شحنته لان الفائض من شحنة أحدهما عوض النقص فى شحنة الآخر • فاذا لمس رجل ثالث أيا من الرجلين المشحونين، انبعثت شرارة كهربائية وأصيب بصدمة لأنه كان لديه كمية من السائل الكهربى أكبر نسبيا من الرجل ذى الشحنة السالبة وأقل من الرجل ذى الشحنة الموجبة •

وكانت هذه التجربة اثباتا بسيطا دراماتيكيا لفكرة فرانكلين القائلة بأن الكهرباء عبارة عن سائل واحد • ومنذ بضع سنوات فقط كتب ج•ج• تومسون ، الذى كشف عن الخواص الأساسية للالكترونات المتحركة ، يقول : « من العسير أن ننكر أو نقلل من قدر الخدمة التى أدتها نظرية السائل الواحد لفرانكلين لعلم الكهرباء ، وذلك لأنها وجهت البحوث ونسقتها » •

ولكى ندرك أهمية نظرية فرانكلين فى التطبيق ، سوف نذكر مجموعتين من تجاربه كان لهما مغزى خاص • الأولى تبدأ باحدى الحقائق العديدة التى اكتشفها فرانكلين فى مبدأ الأمر والتى تعتبر الآن احدى حقائق العلم الأساسية. وهى «التأثير العجيب للأجسام المدببة» فيما يتعلق «بسحب» و « اطلاق » « النار الكهربية » • فقد وجد فرانكلين أنه اذا وضع جسما مدببا مثل الابرة بالقرب من جسم مشحون ومعزول ، فان الابرة تسحب الشحنة من الجسم ، ولكنها لا تفعل ذلك الا اذا كانت متصلة بالأرض ، أى اذا كانت

متصلة باليد أو متصلة بسلك واصل الى الأرض ، أما اذا غرزت الابرة فى الشمع أو جسم عازل فانها لا تسحب الشحنة الكهربية • وقد وجد أيضا أننا اذا حاولنا شحن جسم معدنى ذى طرف مسنن أو مدبب فان الجسم « يطلق الشحنة » بنفس السرعة التى يكتسبها • وكشف أيضا أن الجسم المشحون يفقد شحنته اذا نخلنا فوق سطحه رملا ناعما ، أو اذا تنفسنا فوقه ، أو اذا أحرقنا شمعة بالقرب منه أو اذا أحطناه بالدخان •

★★★

ظن كثير من الناس ، قبل أن يجرى فرانكلين بحوثه بحوالى خمسين عاما ، أن البرق له ، فى الغالب ، طبيعة كهربية ، ولكن ما يميز فرانكلين عمن سبقوه هو أنه تمكن من تصميم تجربة لاختبار صحة هذا الفرض • صنع نموذجا صغيرا يوضح كيف أن شرارة كهربية قد تنطلق بين سحابتين مشحونتين أو بين سحابة والأرض • ثم انه طالما يمكن لموصل مدبب صغير أن يسحب الشحنة الكهربية من جسم عازل ومشحون فى المعمل ، فانه من الممكن جدا لموصل مدبب كبير قائم على الأرض أن يسحب الكهرباء من احدى السحب المارة فى السماء • وقد أوحى هذا لعقله النشط أن « هذه المعرفة لقوة هذه الأطراف قد تكون ذات فائدة للانسان ، فى حفظ المنازل والكنائس والبواخر وغيرها من ضربة البرق ، وذلك بأن نقيم ، فوق أعلى جزء من هذه المبانى قضبانا من الحديد حادة كالابر ، ومطلية لمنع الصدأ ، ونربط بأسفلها سلكا يصل خارج البناء الى الأرض ، أو ينزل حول أحد أبراج السفينة حتى يلامس الماء » •

وصف فرانكلين التجربة التي اقترح اجراءها لاختبار صحة فرضه في الكلمات التالية : « فوق قمة برج عال ضع نوعا من أكشاك الحراسة ... من الكبر بحيث يتسع لرجل وحامل كهربي . ومن منتصف الحامل مرر قضيبا حديديا ثم اثنه خارج باب الكشك لكي يصل قائما الى ارتفاع ٢٠ أو ٣٠ قدما وبحيث يكون مدببا جدا في طرفه الأعلى . فوقه ، عندما تمر مثل هذه السحب المنخفضة ، قد يشحن بالكهرباء وتنبعث منه شرارات كهربية ، اذ يسحب له القضيب النار (الكهربية) من السحابة . فاذا خفتنا أن يتعرض الرجل للخطر (ولو أني أعتقد أن ذلك لن يحدث) فلندعه يقف فوق أرضية الكشك ، ثم نلف حول القضيب من آن لآخر حلقة من السلك يتصل أحد طرفيها بالأسلاك الكهربية ويمسك الرجل بالطرف الآخر عن طريق مقبض من الشمع ، بحيث تمر الشرارة اذا تكهرب القضيب منه مباشرة الى السلك ولا تؤثر في الرجل » .

وكان أول من أجرى تجربة « كشك الحراسة » الشهيرة رجل يدعى داليبار في فرنسا في العاشر من شهر مايو عام ١٧٥٢ ، وكان قد ترجم كتاب فرانكلين الى الفرنسية بناء على رغبة العالم الطبيعي جورج دي بوفون (وقد أعجب الملك لويس الخامس عشر بكتاب فرانكلين لدرجة أنه أمر أن تجرى بعض التجارب التي جاء ذكرها في الكتاب أمامه) . ثم أعيدت هذه التجربة في انجلترا بعد ذلك بقليل . ثم ازداد عدد الناس الذين أثبتوا صحة فرض عالم مدينة فيلادلفيا . وقام أحد رجال الصناعة البريطانية بالاعلان عن بيع آلة جاهزة « لاجراء التجربة التي أثبتت صحة نظرية

فرانكلين الجديدة عن البرق » . ولم يجر فرانكلين التجربة بنفسه لأنه كان يعتقد أنه لابد من بناء مرتفع لاجرائهـا فوقه وكان ينتظر الانتهاء من بناء البرج العالى فوق كنيسة المسيح فى فيلادلفيا . وبعد أن طبع الكتاب ، ولكن قبل أن تصل أنباء نجاح تجربة داليبار فى أوروبا . فكر فى مشروع الطائرة الورق كبديل للبناء العالى ثم أجرى التجربة عليها .

★★★

وضع فرانكلين تصميم تجارب وأجهزة أخرى لاختبـار شحنة السحب ، وكان من ألطفها ذلك الزوج من الأجراس الذى وضعه فى مكتبه ، وأوصل أحد الجرسين بسلك الى الأرض والآخر بقضيب موضوع فوق السطح ، وعلق كرة بين الجرسين ، فاذا مرت سحابة مشحونة بالكهرباء فوق المنزل فان الكرة تتحرك وتضرب الجرسين . ولقد أوضحت دراسات فرانكلين الدقيقة أن السحب قد تحمل شحنات موجبـة أو سـالبة ، واستنتج من ذلك أن البرق يمـر من الأرض الى السحاب بقدر ما يمر من السحاب الى الأرض . ولم تتأيد صحة هذه النظرية الا فى وقتنا الحاضر بواسطة البحوث التى قام بها ب.ج.ف. شونلاند ومساعدوه فى جنوب أفريقيا .

وأكسبت هـذه الدراسـات للبرق أو ذلك الاختراع للقضيب المانع للصواعق ، فرانكلين شهرة عالميـة ، ولـكن العلماء المعاصرين له كانـوا أشـد اعجابا بتحليله للمـكثف الكهربى ، وهو العمل الذى توج شهرته العلمية .

وكان المكثف ، بالشكل الذى عرف به فى القرن الثامن عشر ، عبارة عن وعاء زجاجى تغلفه من الخـارج صفيحة معدنية ومملوء بكرات معدنية صغيرة أو المـاء أو صفيحة

معدنية . والوعاء مغطى بغطاء خشبي يمر منه قضيب في طرفه الأعلى كرة ومعلق من طرفه الأسفل سلسلة معدنية تنغمس في الماء أو الكرات المعدنية . وكان يسمى هذا الجهاز ، الذى اخترع عام ١٧٤٠ ، « وعاء لايدن » ، لأن أحد الذين اكتشفوه ، كان بيتر فان موسشنبروك الأستاذ في لايدن . والصفة الرئيسية للمكثف هي أنه عبارة عن عازل (مثل الهواء أو الزجاج أو الشمع أو الورق) بين سطحين موصلين متصلين اتصالا وثيقا بالعازل . وفي أول وعاء لايدن كان الموصل الداخلي هو الماء والعازل هو الزجاج والموصل الخارجي هو يد أحد الرجال . وقد طور موسشنبروك هذا الوعاء بينما كان يجرى بعض التجارب على آلة كهربية تشحن كرة زجاجية تدور ، وذلك بدلكها في يد الشخص الذى يقوم بالتجربة . وكان ينقل الشحنة الى ماسورة بندقية معلق في طرفها سلك منغمس جزئيا في وعاء زجاجي مستدير ملىء بالماء . وعندما أمسك موسشنبروك بالوعاء في يده اليمنى وحاول أن يسحب شرارة كهربية مع ماسورة البندقية بيده اليسرى « أصبت لدرجة أن كل جسمي قد اهتز كما لو كان قد صعق ، واعتقدت أنني انتهيت » .

★★★

وكان المكثف جهازا رائعا ، وبجعله أكبر وأكبر في الحجم ، كان من الممكن الحصول منه على صدمات كهربائية أشد وأقوى . ومن الجلى أن الكهرباء كانت تتراكم فيه بشكل أو بآخر . وكان من الممكن ، لسبب غير معروف بدقة ، ونتيجة تركيبه الخاص ، أن تتراكم فيه كمية من

الكهرباء تفوق الكمية التي يمكن ان تتراكم في اى شيء اخر يماثله في الحجم . وكان الاعتقاد السائد ، وقتئذ ، ان السائل أو السوائل الكهربية ، تتكثف بداخله . كتب موسشنبروك خطابا وصف فيه تجربته ونشر هذا الخطاب في « مذكرات » أكاديمية العلوم الفرنسية ، وأنهى خطابه بالتصريح المشهور وهو أنه لن يتلقى أبدا مثل هذه الصدمة حتى ولو نال في سبيل ذلك ملك فرنسا . وأدى ذلك الى أن ينقده بريستلى علنا ويطلق عليه اسم « الأستاذ الجبان » . ويقارن بينه وبين « مستر بوز الشجاع ، الذى نادى بفلسفة بطولية جديدة بأمبيدوقليس الشهير ، وكان قد عبر عن استعداده لأن يموت بالصعقة الكهربية ، مقدما بذلك مادة لمقالة في مذكرات أكاديمية العلوم الفرنسية » . ثم أشار بريستلى الى شخص يدعى ريتشمان ، كان قد قتل في أثناء اجراء تجربة فرانكلين عن كشك الحراسة ، وعلق على ذلك قائلا : « ليس من نصيب كل كهربائي أن يموت ميتة ريتشمان التى استحق أن يحسد عليها » .

★★★

وكان جميع علماء الكهرباء في أوروبا يعجبون ويتساءلون عن الطريقة التي يعمل بها وعاء لايدن . كتب بريستلى : « ان كل شخص شغوف بأن يرى ، بل وأن يلمس التجربة ، رغم الحادث الفظيع الذى وقع » . وقد أرضى الجهاز الجديد شغف البلاط الفرنسى بالعلم وحبه للمظاهر، وجعل مائة وثمانين جنديا من جنود الحرس يقفزون في الهواء بدقة فاقت دقة جنود الحرس في القيام بأية مناورات . وأمسك سبعمائة من رهبان باريس أيدى بعضهم

البعض ؛ ثم أفرغت شحنة وعاء لايدن فيهم فقفزوا في الهواء بتوقيت دقيق فاق دقة أحسن راقصي الباليه وتكونت فرق للعروض الكهربية وجالت في أنحاء العالم تجمع الثروات •

ولقد أوضحت الدراسات الدقيقة لموضوع المكثف الذى دار حوله جدل كثير ، أن فرانكلين كان أستاذا قديرا في فن اجراء التجارب العلمية • اذ أثبت أن شحنة الموصل الداخلي تكون دائما عكس شحنة الموصل الخارجي وأن الشحنتين متساويتان في الكمية ، أى انه عند شحن الوعاء يكتسب أحد الموصلين نفس كمية « السائل الكهربي » التى يفقدها الآخر • وكتب في هذا الصدد : « وفي الحقيقة أن الوعاء (لايدن) لا يحتوى كمية أكبر من النار الكهربية بعد شحنه ، ولا كمية أقل بعد تفريغ الشحنة » • ولكي يبرهن على قوله هذا ثبت سلكا في الغطاء المعدني الخارجي لوعاء لايدن ووضعه بحيث يكون قريبا من الكرة المتصلة بالماء داخل الوعاء ، ولكنه ليس من القرب بحيث يولد شرارة عندما يشحن الاناء • ثم وضع الوعاء على حامل عازل عبارة عن قطعة من الشمع وعلق قطعة من الفلين في خيط بين السلك والكرة • ولاحظ أن قطعة الفلين « تتراقص بدون توقف من طرف الى الآخر ، الى أن يفقد الوعاء ما به من كهرباء » • أى أن قطعة الفلين كانت تنقل الشحنة من الموصل الموجب الى الموصل السالب حتى عاد التعادل بينهما •

★★★

وقد أوضح فرانكلين أن أهم شيء هو « أن قوة الزجاجة وقدرتها على اعطاء صدمة كهربية ، تكمن في الزجاج نفسه» ولكن كيف يمكنك ، أيها القارىء ، أن تثبت أين « تكمن

قوة الوعاء » . ان كل تلميذ يعلم اليوم أن الأسلوب الوحيد لذلك هو اختبار كل جزء من الجهاز على حدة ، ومعرفة الدور الذى يؤديه . ولكن من الواضح أن هذه القاعدة البسيطة لم تكن تعتبر أمرا بديهيا في أيام فرانكلين ، وذلك نظرا لفشل معاصريه في القيام بهذا النوع من التحليل الذى اتبعه فرانكلين لدراسة هذا الموضوع .

لقد شحن فرانكلين وعاء لايدن موضوعا فوق زجاج ثم سحب بحذر قطعة الفلين والسلك الساقط منها فى الماء ثم أمسك بالوعاء فى احدى يديه وقرب اليد الأخرى من فوهة الوعاء . « فخرجت من الماء شرارة كبيرة ، وكانت الصدمة عنيفة كما لو كان السلك مازال مغموسا فى الماء ؛ مما أثبت أن القوة لا تكمن فى السلك » . فاذا لم تكن القوة فى السلك فلعلها تكون فى الماء ذاته . وأعاد فرانكلين شحن وعاء لايدن ثم أعاد سحب قطعة الفلين ، كما فعل فى المرة السابقة ، ثم سكب الماء بحذر فى وعاء لايدن آخر فارغ موضوع على مثل الوعاء الأول فوق جسم زجاجى عازل . ولكن الوعاء الثانى لم يكتسب أية شحنة بعد هذه العملية . وكتب فرانكلين : « فاستنتجنا من ذلك أن [الشحنة أو القوة] اما أن تكون قد فقدت فى أثناء صب الماء واما أنها بقيت فى الوعاء الأول . وقد وجدنا الاحتمال الأخير هو الصحيح ، وذلك لأن الوعاء الأول أعطى صدمة كهربية حتى بعد أن ملىء وهو فى وضعه فوق العازل بكمية من الماء غير المكهرب من اناء الشاى » .

ومن هذا يتضح أن العنصر الرئيسى هو الزجاج أو العازل الموجود بين الموصلين فى وعاء لايدن . ولكن بقى

اثبات ما اذا كان « الزجاج يمتلك هذه الخاصية باعتباره مجرد زجاج ، أم أن [الوعاء] قد أسهم فى هذا الأمر » ٠

وكان القسم التالى من التجربة هو اختراع المكثف ذى اللوحين المتوازيين ، فقد وضع فرانكلين قطعة كبيرة من الزجاج بين لوحين مربعين من الرصاص متساويين فى المساحة ولكنهما أصغر قليلا من مساحة الزجاج ٠ وعندما شحن المكثف أزال فرانكلين لوحى الرصاص اللذين كان عليهما كمية صغيرة من الشحنة ، ولاحظ أنه يمكن توليد شرارة كهربية فى الزجاج من أية نقطة يلمس فيها ٠ وعندما أعيد لوحا الرصاص الخاليان تقريبا من الشحنة الى موضعيهما على جانبى الزجاج ، ثم وصلا بسلك « تولدت شرارة عنيفة » ٠ وعندما تجرى هذه التجربة اليوم أمام التلاميذ فانها تسمى «تجربة المكثف ذى الأجزاء المنفصلة» ٠ وتفسر بأن العازل ـ أو الزجاج ـ قد استقطب فى أثناء شحنه ، أى أنه صار مكهربا ٠ وهناك بعض أنواع من الشمع يمكن أن تستقطب بهذا الشكل بمجرد تسخينها ثم اعادة تبريدها ٠ ومثل هذا الجسم المكهرب اما أن يعطى من نفسه كمية ضئيلة من الشحنة واما لا يعطى أية شحنة على الاطلاق، ولكن اذا وضعنا موصلين على جانبيه، فاننا نحصل على مكثف مشحون يمكن تفريغ شحنته كأى مكثف آخر ٠ وهناك حقيقة أخرى اكتشفها فرانكلين وتدرس للطلبة اليوم ، وهى أن الصدمة الكهربية التى يعطيها المكثف ذو العازل الرفيع، أكبر من الشحنة التى يعطيها المكثف ذو العازل السميك ٠

وكانت تجربة فرانكلين عن قطعة الفلين المتأرجحة بين الموصلين تحمل فى طياتها بذرة فكرة عظيمة لم يدركها

فرانكلين ذاته ، فنحن نعلم اليوم أن المكثف لا يفقد شحنته دفعة واحدة ، ولكن فى سلسلة متتالية من الذبذبات ، وهى حقيقة فى غاية الأهمية بالنسبة لعلم اللاسلكى وعلم الالكترونيات الحديث .

ولقد سجلت تجارب فرانكلين الفريدة ونظرياته الرائعة بدء عهد جديد فى علم الكهرباء ، فقد اكتشف ما يعرف اليوم باسم تأثير فاراداى ، وهو أن الشحنة التى على جسم أسطواني (أو كرة فارغة) تكون على سطحها الخارجي فقط . ولم يستطع فى مبدأ الأمر تفسير هذه الظاهرة . ولكن جاءه الجواب فيما بعد وهو أن « السائل الكهربى يتنافر ذاتيا ، وأن تناسق الموصل يؤدى الى أن يوزع السائل نفسه على السطح الخارجى . ومن هذا التفسير ، توصل جوزيف بريستلى صديق فرانكلين الى أن قانون الفعل الكهربي لابد أن يتبع قانون التربيع العكسى تماما مثل قانون الجاذبية . ومع أن هذا الاستنتاج كان قد نشر الا أن أحدا لم ينتبه اليه وبقى مجهولا لكى يعيد تشارلس كولوم اكتشافه بعد عشرات السنين ولكى يطلق عليه اسم « قانون كولوم » .

غير أن هناك مزية أخرى لنظرية فرانكلين ، وهى سهولة اجراء القياسات ، اذ ركزت الإنتباه على كمية « السائل الكهربى » أو الشحنة التى يكتسبها أو يفقدها الجسم . وعند اجراء تجربة على جسمين فانه لا يهم أى الجسمين يستخدم لأن قانون عدم فناء الشحنة لفرانكلين يعنى أن كمية الشحنة التى اكتسبها أحد الجسمين، تساوي كمية الشحنة التى يفقدها الآخر . وقد بنى علماء الكهرباء الذين كانوا

أول من أجرى قياسات الكمية الكهربية ـ من أمثال فولتا وبنيت وكانتون وكافنديش وهينلى ـ بنوا هذه القياسات على نظرية فرانكلين عن السائل الواحد وعلى قانون عدم فناء الشحنة المستمد من هذه النظرية ٠

★★★

وكثيرا ما يقال ان فرانكلين كان أمريكيا تماما فى معالجته للعلم ، أى انه يهتم أساسا ، ان لم يكن كلية ، بالاستفادة من تطبيقاته ٠ وصحيح أنه عندما كشف أثر الموصلات المدببة المتصلة بالأرض ، طبق هذا الكشف فى اختراع مانعة الصواعق ، ولكنه لم يكشف هذه الحقائق لكى يخترع مانعة الصواعق ٠ والواقع أن اختراعات فرانكلين كانت من نوعين ، أحدهما لمجرد التطبيق ، مثل اختراعه للزجاج ذى البؤرتين ، والذى لم يكن يحتاج الى معرفة عميقة للنظريات الضوئية ، وكذلك اختراعه جهازا لاحضار الكتب من الأرفف دون الوقوف فوق أحد الكراسى ٠ ومن الناحية الأخرى ، فان اختراع مانعة الصواعق تطور عن طريق البحث العلمي الحديث ٠ ولو كان فرانكلين قد اقتصر على معالجة العلم بشكل تطبيقى وانتفاعى لكان من المشكوك فيه أن يدرس موضوع الكهرباء على الاطلاق ، ففى القرن الثامن عشر لم يكن هناك سوى تطبيق عملى واحد للكهرباء ، ألا وهو استخدام الصدمات الكهربية فى العلاج ، وبالذات فى علاج الشلل ٠ (ومع العلم بأن فرانكلين قد اشترك أحيانا فى مثل هذا العلاج الا أنه لم يكن يؤمن أن الصدمة نفسها كانت تسبب علاج المريض بالشلل ، ولكن بصيرته النفاذة ، والمامه بعلم النفس ، جعلاه يدرك أن حالات الشفاء انما تتم

لرغبة المريض فى الشفاء أكثر منها بسبب مرور السائل الكهربى) .

لقد درس فرانكلين الطبيعة رغبة منه فى استجلاء أسرارها ، واختار علم الكهرباء الاستاتيكية لأن المصادفة جلبت له الأجهزة التى يمكنه بوساطتها دراسة هذا الموضوع، ولأنه سرعان ما أدرك أن هذه الدراسات تتفق وميوله ومواهبه .

جاء في نهاية احدى رسائله العبارات أنتالية المليئة بالتواضع التى يجدر أن يتخذها المشتغلون في البحث العلمى نبراسا لهم : « ان كثيرا من هذه الأفكار ، يا صديقى العزيز ، فجة وفيها تسرع ، ولو كنت طموحا لاكتساب الشهرة فى الفلسفة (يعنى الفلسفة الطبيعية ، أو العلوم) لوجب على أن أحتفظ بهذه الأفكار لنفسى حتى أصححها بمرور الزمن وباجراء مزيد من التجارب . ولكن لما كانت الاشارات العابرة والتجارب الناقصة فى أى فرع جديد للعلم تؤدى ، عند تناقلها الى نتائج وآثار طيبة ، وذلك باثارة شغف النابهين الى الموضوع .. فانك فى حل من اطلاع من تحب على هذه الرسالة . واننى أفضل أن تزداد المعرفة عن أن يقال ان صديقك فيلسوف دقيق » .

وباكتشاف الالكترونات والبروتونات والنيوترونات تساءل كثير من كتاب هذا العصر عما اذا كانت نظرية فرانكلين عن السائل الواحد أقرب للمفهوم الحديث للكهرباء أم نظرية معاصريه عن السائلين ، وفى رأيى أن هذه المناظرات لا معني لها وأن هذا الجدل لا قيمة له ، فان

أهمية الأعمال التى أداها فرانكلين لعلم الكهرباء لا تكمن فى درجة شبهها لهذه النظريات الحديثة ، ولكنهـا تكمن فى تأثير بحوثه على فتح الطريق الذى أدى بنـا الى التوصـــل للنظريات الحديثة ٠

وفى الوقت الذى قام فيه فرانكلين بدراسـاته ، كان العلم واقعا تحت تأثير اسحاق نيوتن ، الذى أوضحت تعاليمه ونظرياته أن حركة العالم يمكن تفسيرها بوسـاطة قوانين رياضية بسيطة ٠ وقد أقنع نيوتن كل الناس تقريبـا بأن الرياضيات والقوانين الرياضية هى الحل الوحيد والمفتاح لفهم الطبيعة ٠ غير أن كثيرا من الناس نسوا أن تطبيق التحليل الرياضى على حركة الأجرام السماوية وفوق الأرض صـار ميسورا لأن الحقائق كانت قد جمعت وصنفت ، وكانت فى حالة يمكن لعبقريته الفذة أن تصنع منها أعظـم تخليقـات العصر العلمى الحديث ٠ أما بالنسبة للضوء ، فان نيوتن لم يصنع ما صنعه فى علم الميكانيكا ، كما لم يستطع أن يضـع كشوفه « الكمية أو النوعية » فى قالب قوانين رياضية عامة ٠ كان نيوتن فى علم الضـوء أحد الجهـابذة الذين وقف عـلى أكتافهم بعض المخلقين ممن خلفوه ٠ وعلى العكس من كتاب « البرنكيبيا » الذى وضع له نيوتن الشعار التالى : « أنا لا أضع فروضا » ، فان كتابه « البصريات » يحتوى عـــلى مجموعة طويلة من « التساؤلات » التى ناقش فيها التفسيرات المحتملة لمشاهداته ٠ وهـذه تشـبه تخمينات فرانكلين عن الظواهر الكهربية ٠ ففى عصر فرانكلين لم تكن حالة علـم الكهرباء تسمح بوضع تفسير رياضى شـامل ، تمـاما كمـا كانت حالة علم الضوء فى عصر نيوتن ، وكان العلم فى حاجة

الى جهابذة يقومون بالكشف عن حقائق الشحنة ، والتوضيل، والتوصيل الأرضى ، والعزل وتأثير شكل الموصلات ، وغيرها؛ جهابذة يصنعون نظرية قابلة لتفسير هذه الظواهر وتوحيدها بحيث تجذب الانتباه الى العناصر الرئيسية التى يمكن قياسها . ولقد مهد نجاح فرانكلين الطريق أمام نظريات القرن التاسع عشر الرياضية .

ولكن الآهم من ذلك ، أن تمكنه من فن اجراء التجارب، وتفسيراته الناجحة المتماسكة التي عبر عنها فى عبارات فيزيائية ومفاهيم بسيطة ، والحقائق الكثيرة الجديدة التى كشف عنها النقاب ، أعطت علم التجربة شرفا جديدا فى أعين معاصريه فى القرن الثامن عشر .

كتب الفيلسوف الفرنسى ديدرو ، فى رسالة عن تفسير الطبيعة ، أن كتاب فرانكلين عن الكهرباء ، مثل أعمال الكيمائيين ، يمكن أن تعلم الانسان طبيعة فن التجربة وأسلوب استخدام التجارب فى البحوث لكشف النقاب عن الطبيعة دون مضاعفة خباياها .

وبمثل هذا الفهم ، آمن معاصرو فرانكلين به باعتباره نيوتن الجديد ، وكان هذا أول عمل عظيم تقدمه أمريكا للتفكير العلمى . وفى ضوء هذه الحقائق لا يبقى شك فى مكانة فرانكلين العلمية ولا فى حقه فى أن يعتبر أول عالم أمريكى .



ميخائيـل فاراداى

يشتهر ميخائيل فاراداي بأنه صـاحب التجـارب التى أدت الى كشف كهرباء الحث . ويتجـاهل التـاريخ أنه كان أيضا أحد عظماء مؤسسى الفيزياء الحديثة . ويقينا ، يمكننا القول بأنه الرجل الذى بدأ الثورة التى حطمت حكم نيوتن الطـويل والتى أعادت بنـاء الفيزياء عـلى أسس نظـرية جديدة ، وذلك لأن فاراداى كان العالم الأول الذى اقترح فكرة المجال ، وهو المفهوم الذى أصـبح فيما بعـد الركن الأساسى فى نظـرية جيمس كلارك ماكسـويل الكهربية المغناطيسية ، والنظرية العامة لألبرت أينشتين عن النسبية ، وتقدم القرن العشرين نحو فهم حقائق الطبيعة .

ومما يدعو الى العجب فى هذا المجال أن الملم فاراداى بالرياضيات كان ضئيلا ، ولم يتمـد فى دراسـته المـرحلة الابتدائية ، الشيء الذى يجعـل كثيرا من علمـاء الفيزياء المعاصرين لا يتصورون كيف أتم أعماله العظيمة . والحقيقة أن جهل فاراداى بالرياضيات سـاعد فى الهامه ، واضطره حين كان يبحث عن تفسير للظواهر الكهربية والمغناطيسـية التى يشاهدها ، الى وضع وتطوير مفهوم بتنيط غير رياضى .

ولعل كشفه لنظرية المجال يوضح صفتيه اللتين عوضتا نقص تعليمه ألا وهما خياله الرائع ، واستقلال وأصالة تفكيره ٠

وقد أكد المؤرخون قدرات فاراداى العقليــة الجبــارة وتعلقه الكبير بتجاربه العلمية ٠ ومن حسن حظ مؤرخيه ، أنه كتب كل شيء عن حياته ، فمذكراته وملاحظاته نشرت في سبعة مجلدات ٠ وكان اهتمامه مركزا على علمي الفيزياء والكيمياء ٠ وكان اهتمامه بالنساء قليلا (ولو أنه تزوج) واهتمامه بالمال أقل ٠ وكان في امكانه أن يحصل على ثروة هائلة من كشوفه ولكنه كان يتعمــد أن يترك كل مشروع علمي عندما يصل الى مرحلة القيمة التجارية ٠ والواقع ان فاراداى ولد فقيرا ، ومات فقيرا ، وكان عمله الذى استغرق حياته خير مكافأة له ٠

ولد فاراداى من أب يعمل حدادا ، بالقرب من لندن في ٢٢ سـبتمبر عام ١٩٧١ ٠ وكانت عائلته فقـيرة فلم يستطع أن يتم تعليمه ٠ جاء في مذكراته : « كان تعليمى من النوع العادى جدا ، لا يتعدى الالمام بالقراءة والكتــابة والحساب ، فى احدى المدارس الصباحية العامة ٠ وكنت أقضي وقتى خارج المدرسة اما فى المنزل واما فى الشارع» ٠ وفى سن الثالثة عشرة اشتغل ساعيا في ورشة لتجليد الكتب يديرها رجل يدعى ريبو ٠ وبعد سنة عينه ريبو صبيا فى عملية التجليد بعقد لمدة سبع سنوات ٠ ولقد أبدى فاراداى شغفا كبيرا بكتب ريبو ٠ وكتب فى مذكراته : « عندما كنت أعمل صبيا ، شغفت بقراءة الكتب العلمية التى كانت تقع فى يدى ، ومن بينها كتاب مارسيت «مناقشات فى الكيمياء»، وما جاء فى الموسوعة البريطانية عن الكهرباء ٠ ثم حضر

فاراداى بعض المحاضرات عن الكيمياء التى كان يلقيها العالم الشهير سير همفرى دافى ، ودون عنها مذكرات دقيقة ومرتبة . ثم قدم طلبا لكى يعمل فى الجمعية الملكية ، ورفض هذا الطلب .

وعندما انتهت فترة تمرين فاراداى فى ورشة التجليد عام ١٨١٢ ، اشتغل مجلدا متجولا للكتب مع مسيو دى لاروش ولكنه لم يكن سعيدا بهذا العمل ، ولذلك سرعان ما قدم طلبا للعمل الى سير دافى ، وقدم مع طلبه هذا مذكراته عن محاضرات الكيمياء كدليل على جديته . وكان دافى رجلا حكيما وتأثر من هذه المذكرات فعين فاراداى سكرتيرا له ، ولكنه فصله من خدمته ، بعد بضعة شهور ، ونصحه أن يعود الى عمله فى تجليد الكتب . ولم يمض زمن طويل حتى غير دافى رأيه وأعاد فاراداى الى خدمته مساعدا لمعمله .

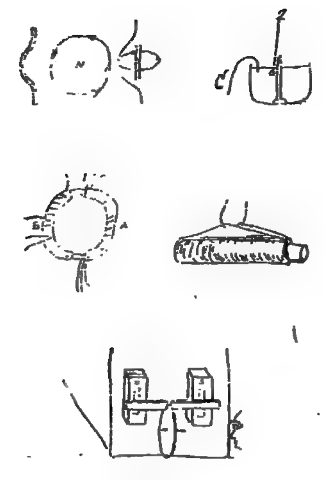
ومنذ ذلك الحين كرس فاراداى معظم وقته للعمل فى بحوثه العلمية . وبعد جولة استغرقت عامين فى أوروبا مع سير همفرى ، استقر فاراداى للعمل فى معمل دافى . وأجرى من التجارب فى الكيمياء ، والكيمياء الكهربية ، والتعدين ما كان يكفى لتثبيت سمعته كعالم ، فقد كشف البنزين ، وأنتج لأول مرة الصلب غير القابل للصدأ ، وكان أول من حول كثيرا من الغازات الى سوائل ، وكشف قوانين التحليل الكهربى ، والدوران المغناطيسى لمستوى الضوء المستقطب. ولكن ما يهمنا فى هذا المجال هو عمله الأساسى فى الكهرباء المغناطيسية .

فى عام ١٨٢٠ ، أعلن عالم الفيزياء الدانمركى هانز كريستيان أورستد عن كشفه لوجود علاقة بين المغناطيسية

والكهرباء ، فقد وجد أن مرور تيار مستمر فى سلك يسبب إنحراف ابرة مغناطيسية موضوعة بالقرب من السلك . ولذلك فقد استنتج أورستد وجود مجال مغناطيسى محيط بالسلك الكهربى ، ويعمل على شكل حلقات حول السلك وعمودية عليه ، وفى السنة التالية استبدل العالم الفرنسى أندريه مارى امبير بالابرة المغناطيسية سلكا آخر يمر به تيار كهربى ، ولاحظ وجود قوة جذب أو تنافر مغناطيسى بين السلكين ، الأمر الذى كان يعتمد على اتجاه مرور التيار .

اهتم دافى وفاراداى ، برغم انشغالهما بالبحوث الكيميائية ، بهذا الكشف الكهربى المغناطيسى الجديد ، وأعادا التجارب لكى يتأكدا من صحته . وفى نفس الوقت اقترح العالم الانجليزى المرموق وليام هايد وولاستون على دافى احتمال أن يؤدى المجال المغناطيسى الى الدوران . وقد فسر فاراداى هذا بدوران السلك حول محوره ، ولكنه فشل فى الوصول الى مثل هذه النتيجة . غير أنه سرعان ما توصل، سواء منفردا أو بعد سماعه بنظرية أورستد ، الى التأثير الدائرى والعمودى للمجال المغناطيسى حول الموصل . ولذلك فقد تصور أنه اذا وجد قطب مغناطيسى فانه لابد أن يدور حول الموصل ، وأن العكس لابد أن يكون صحيحا ، أى أن الموصل ذاته لابد أن يدور أيضا حول قطب مغناطيسى .

وبدأ فاراداى فورا فى اجراء التجارب الشهيرة التى أدت الى كشفه المبادىء الأساسية للمحرك الكهربى . وفى أول تجربة ثنى سلكا كهربيا على شكل « بنطة النجار » ، ومرر أحد طرفى السلك فى قطعة من الفلين عائمة فى



رسوم من مذكرات فاراداى تبين التقدم فى تجاربه الكهربية والمغناطيسية · فالرسم الأعلى الى اليسار يبين كيف ثنى سلكا موصلا على شكل منحنى ، يطفو أحد طرفيه على قطعة فلين فوق زئبق ، ثم وضع قضيبا مغناطيسيا فى المنحنى ، مما سبب دوران السلك حول القضيب ، وهذه أول تجربة فى الدوران الكهربى لمغناطيس · ثم ثبت بعد ذلك المغناطيس رأسيا فى حوض به زئبق ، كما يبين الشكل الأعلى الى اليمين ، لكى يسمح للموصل العائم أن يدور تماما حوله ، وهذه هى نظرية المحرك الكهربى · وفى عام ١٨٣١م لف سلكين (أو ملفين) ا ، ب حول حلقة من الحديد ، ثم وصل ا ببطارية ، كما يبين الشكل الأوسط الى اليسار ، فتسبب هذا فى مرور تيار متقطع فى ب ، وبهذا اكتشف التيار بالحث · وعندما أدخل وأخرج قضيبا مغناطيسيا فى أسطوانة مجوفة وملف متصل بجلفانومتر ، كما فى الشكل الأوسط الى اليمين ، أثبت أن التيار يمكن أن يتولد بالحث بوساطة الحركة النسبية للموصل والمجال المغناطيسى · وهذه نظرية المولد الكهربى · والشكل السفلى يبين كيف أدار فاراداى قرصا من النحاس بين قطبى المغناطيس المركب للجمعية الملكية ، فولد بذلك تيارا مستمرا بالحث ـ ميلاد الدينامو ·

حوض به زئبق ، وأوصل الطرف الآخر ببطارية بوساطة فنجان فضى مقلوب ، ثم وضع قضيبا مغناطيسيا فى الجزء المحنى من السلك ، وعندما مر التيار الكهربى فى الدائرة الكهربية دار الجزء المتحنى من السلك الى أن اصطدم بالقضيب المغناطيسى الثابت • ثم طور فاراداى التجربة بحيث يتمكن السلك من الدوران حول المغناطيس دون عائق ، فاستخدم قطعة مستقيمة من السلك يمر أحد طرفيها بقطعة فلين طافية فى وعاء الزئبق • ولقد أدى مرور التيار الكهربى الى دوران السلك المستمر حول المغناطيس • وعندما عكس اتجاه التيار ، دار السلك فى الاتجاه المضاد • وتبين الأشكال المرسومة فى الصفحة ١٦١ ، الرسومات المبسطة لهاتين التجربتين التى رسمها فاراداى نفسه •

ثم استطرد فاراداى لاجراء التجربة العكسية لكى يرى ما اذا كان المغناطيس يدور حول موصل ثابت • وفى هذه الحالة ، كان القضيب المغناطيسى (وقد وضع ثقلا من البلاتين بطرفه الأسفل) يطفو بحرية فى الزئبق وكان السلك ثابتا • وكما توقع فاراداى دار المغناطيس حول السلك الذى يمر به التيار الكهربى •

★★★

وعندما نشر فاراداى نتائج هذه التجارب اتهم فى الحال باستخدام أفكار وولاستون دون وجه حق • والواقع أن فاراداى أساء تفسير رأى وولاستون وأخذه على أنه يعنى دوران السلك حول محوره • أما تجاربه ونتائجها فكانت من عنده • وبمضى الوقت زال سوء التفاهم ، ورشح فاراداى لعضوية الجمعية الملكية • وقد زكى وولاستون

ترشيح فاراداى ، ولكن دافى صوت ضده ، ولعل ذلك بسبب غيرته · ومع ذلك فقد انتخب فارادى عضوا عام ١٨٢٤ ·

وبعـد ذلك ، ترك فاراداى تجـاربه عن الكهربيـة المغناطيسية وعاد الى الكيمياء · ولكن فكرة لا يمكن تجاهلها ظلت عالقة بذهنه· اذا كان التيارالكهربى يولد المغناطيسية، آلا يمكن للمغناطيس أن يولد تيـارا كهربيـا ؟ وفى عام ١٨٢٤ ، ومرة أخرى فى عام ١٨٢٥ ، حاول أن يولد تيـارا كهربيا بالحث فى سلك بوضع مغناطيس بالقرب منه ، ولكن هذه المحاولات فشلت · ولم يكن قد قدر بعد أهمية الحركة فى الظاهرة التى أوضحها أورستد · ان حـركة التيـار الكهربى فى السلك التى أوجدت المغناطيسية · ولكى يحصل على التأثير العكسى ، كان لابد أن يحرك المغناطيس بالنسـبة للسـلك ·

وفى عام ١٨٣١ ، أنهى فاراداى بحـوثه الكيميائيـة وكرس نفسه كلية للمسألة التى كانت تلح على فكره · وفى يوم واحد ـ ٢٩ أغسطس ١٨٣١ ـ وجد الاجابة التى دلته الى الطريق الصحيح · بدأ تفكيره هذه المرة من الحـالة المماثلة للحث فى الكهرباء الاسـتاتيكية · وكان معلوما أن جسـما مشحونا يستطيع أن يولد شحنة كهربية بالحث على جسم آخر قريب منه · واذن ، فلعل تيارا كهربيا فى سلك يولد تيارا بالحث فى سلك آخر على مقربة منه ولاختبـار صحة هـذه الفكرة أجرى فاراداى تجربة بدائية غريبة ، يوضحها الرسم الأوسط فى الصفحة ١٦١ · واليكم ما جاء فى مذكراته عن هذه التجربة الشهيرة :

« لقد صنعت حلقة من الحديد المطاوع · وكان الحديد دائريا سمكه ⅞ بوصة ، والقطر الخارجي للحلقة ست بوصات · ولففت عدة لفات من سلك نحاسي حولها بحيث يفصل اللفات دوبارة وقطع من قماش القطن · وكانت هناك ثلاثة أطوال من السلك ، كل منها ٢٤ قدما ، ويمكن توصيلها معا أو استخدامها منفصلة · ثم عزلت كلا من هذه الأطوال عن الآخر ولنطلق على هذا الجانب الحلقة أ· وفي الجانب الآخر ، وعلى مسافة منه ، لففت سلكا مكونا من قطعتين ، يصل طولهما الى حوالى ٦٠ قدما ، واتجاه اللف هو نفس اتجاهه في الملف السابق · ولنسم هذا الجانب من الحلقة ب ·

« وشحنت بطارية من عشرة أزواج من الألواح مساحة كل منها أربع بوصات مربعة · وجعلت الملف الذى على الجانب ب ملفا واحدا ، وأوصلت طرفه بسلك نحاسي يصل الى مسافة ثلاث أقدام من الحلقة ويمر فوق ابرة مغناطيسية ، ثم أوصلت طرفي احدى القطع التى على الجانب أ بالبطارية · ظهر في الحال تأثير ملحوظ على الابرة ، اذ تأرجحت ثم عادت الى وضعها الأصلي · وعند قطع اتصال الجانب أ بالبطارية حدث اضطراب آخر في الابرة » ·

لاحظ فاراداى أنه عند قفل الدائرة تنحرف الابرة في أحد الاتجاهات ، وعندما تفتح الدائرة تتحرك الابرة في الاتجاه المضاد · ولكن لا يحدث أى انحراف عندما تسرى الكهرباء في الملف الأول ·

وأخيرا حصل على الكهرباء من المغناطيسية . ولكنه لم يكن راضيا ، فقد كان يتوقع ان يسبب التيار فى الملف الابتدائى تيارا مستمرا فى الملف الثانوى ، ولكن بدلا من ذلك، نتجت فقط تأثيرات مؤقتة فى لحظة اغلاق وفتح الدائرة فى الملف الابتدائى . ومع ذلك فقد كان لديه احساس بأنه قاب قوسين أو أدنى من النجاح ، وكتب الى أحد أصدقائه قائلا : « اننى مشغول فى الوقت الحاضر فى الكهرباء المغناطيسية ، وأعتقد أنى أمسكت بشىء ذى قيمة ، ولكنى لا أستطيع أن أحدده . ولعلى بعد كل هذا الجهد قد أمسكت بقطعة من العشب بدل السمكة التى أبحث عنها » .

واستمر فاراداى فى اجراء تجاربه ، وفى ١٧ من أكتوبر عام ١٨٣١ ، أجرى تجربة أوضحت أنه أمسك بسمكة كبيرة جدا . وفى هذه التجربة ـ وهى أبسط وأشهر تجاربه ـ لف ملفا حول أسطوانة مجوفة من الورق ، وأوصل طرفى الملف بجلفانومتر . وعندما دفع قضيبا مغناطيسيا بسرعة داخل الملف ، انحرفت ابرة الجلفانومتر ، وعندما سحب القضيب المغناطيسى انحرفت الابرة مرة أخرى ولكن فى الاتجاه المضاد . والواقع أنه لم يكن هناك اختلاف سواء حرك المغناطيس أو الملف ؛ ففى الحالتين حصل على تيار بالحث فى السلك . وبذلك أصبح من الواضح دون أى شك أن ما سبب حدوث التيار هو حركة الموصل أو المجال المغناطيسى كل منهما بالنسبة للآخر .

وهكذا كشف فاراداى المبدأ الأساسى للمولد الكهربى . ولقد مهدت هذه التجربة لانتاج تيار كهربى مستمر بالحث . وبعد أحد عشر يوما خلق فاراداى هذا التيار وذلك بالجهاز

الموضح فى الرسم السفلى فى الصفحة ١٦١ ٠ استخدم المغناطيس المركب الذى كان فى الجمعية الملكية وركز قوة الأقطاب بأن وضع عند طرفى المغناطيس الكبيرين مغناطيسين صغيرين طول كل منهما ست بوصات ، وأدار بين هذين المغناطيسين قرصا من النحاس حول محور من البرونز ٠ وعند طرف القرص وضع موصلين من النحاس على مسافات مختلفة من القطبين ، وبذلك حصل على انحراف ثابت تقريبا للابرة ٠ ونقول « تقريبا » لأنه وجد مشقة فى الامساك بالموصلين طوال الوقت ٠

وقد أجرى فارادای تجارب أخرى كثيرة عن الحث الكهربى المغناطيسى ، ولكن هذه التجارب لم تكن فى الأغلب سوى تعديلات لتجاربه الأساسية ٠ وكانت تجربته الأولى على الحلقة الحديدية هى التى منحت العالم أول محول كهربى ٠ والتجربة الأخرى التى شرحناها حالا هى التى نتج عنها أول مولد ٠

أرسل فارادای بنتائج تجاربه الى الجمعية الملكية فى خلال شهر ، وبعد ذلك نشر هذه البحوث باعتبارها الجزء الأول من « بحوث تجريبية فى الكهرباء » وفيها أعاد ترتيب تجاربه بطريقة حيرت المؤرخين فيما بعد ٠

وبمجرد نشر هذه التجارب ، ثارت مرة أخرى مسألة الأولوية فى اكتشافها ٠ كان العالم الفيزيائى الأمريكى جوزيف هنرى قد كشف فعلا الحث الذاتى ، وادعى ليوبولدى نوبيلى وكفاليرى آنتينورى الايطاليان أنهما كشفا التأثير الكهربى المغناطيسى قبل أن ينشر فارادای نتائج بحوثه ،

والواقع أن الايطاليين آجريا تجاربهما بعد سماع نتائج تجارب فاراداى • ولقد تمكن فاراداى من اثبات أسبقيته فى الوصول الى هذه النتائج •

★★★

ولم يكن فاراداى راضيا عن اكتشاف الحث الكهربى المغناطيسى • كان يريد أن يعرف لماذا يحدث ؟ ولما كان عاجزا عن اعطاء تفسير رياضى لموضوع ، فقد وضع له نموذجا فيزيائيا مستمدا من الظاهرة المألوفة وهى اتخاذ برادة الحديد أشكالا ذات خطوط منتظمة حول المغناطيس• ولكن لماذا تتخذ شكل خطوط ؟ ولهذا فقد افترض فاراداى أن الفضاء المحيط بالمغناطيس ملىء بخطوط قوى • وتتمثل القوة المغناطيسية على هيئة خطوط غير مرئية مشدودة مثل خيوط المطاط • وترتب برادة الحديد نفسها بوساطة الجذب المغناطيسى على هذه الخطوط •

ولم يقف فاراداى عند هذا الحد ، لقد ملأ كل الفضاء بخطوط القوى ، وقدم المفهوم الثورى القائل بأن الفضاء تتخلله أنواع مختلفة من القوى المغناطيسية والكهربية والاشعاعية والحرارية والجاذبية • وتوضح الخطوط فى كل الحالات كلا من اتجاه ومقدار القوة • فمثلا ، عند قضيب من المغناطيس تتجه خطوط القوى من القطب الموجب الى السالب أو من القطب الشمالى الى الجنوبى ، كما يدل عدد خطوط القوى الخارجة من القطب المغناطيسى على قوة هذا القطب عند أية نقطة • وهذه الخطوط أكثر كثافة بالقرب من المغناطيس عنها عند أية نقطة بعيدة فى الفضاء • كما تتحدد كمية الكهرباء التى يمتلكها جسم ما ، حسب رأى

فاراداى، بعدد خطوط القوى التى تنبعث منه· وتنتهى جميع خطوط القوى فى مكان ما ، اما على جسم آخر قريب ، واما على جدران الحجرة واما عند الكواكب فى الفضاء · وعنـد كل نهاية توجد كمية من الكهرباء تساوى فى الكمية شحنة الجسم الأصلى ولكنها تضادها فى الاتجاه ·

واستنتج فاراداى أن نظرية خطوط القوى تفسر كيف يحدث تيار حث فى موصل · انه ينتج كلما قطع الموصـــل خطوط القوى المغناطيسية · وكشف أهمية سرعة الحركة ، وكتب فى ذلك : « اذا تحرك الســلك ببطء ينتج تيــار ضعيف فى السلك ويستمر هذا التيار فى أثنـاء حـركة السلك ؛ أما اذا قطع السلك خطوط القوى بسرعة فان تيارا أقوى ينتج ولكن لوقت أقصر » · والحقيقة أنه لا ينتج تيار ولكن ينتج فرق جهد ، ويحدث التيار نتيجة لهـذا الفـرق فى الجهد ·

وتدرج فاراداى بعـد ذلك من فكرة خطـوط القـوى المختلفة التى فى انفضاء الى افتراض أن هذه الخطوط تملأ كل الفضـاء ، فقـد كتب فى مذكراته عام ١٨٤٦ : « كل ما يمكن أن أقوله هو اننى لا أستطيع أن أتصور فى أى جزء من الفضاء ، سواء كان فراغا ، حسب الاصطلاح الدارج ، أو مليئا بالمادة الا القوى والخطوط التى تعبر عنها ·

وهنا نحصل على الأصل التاريخى لنظرية المجال ، ولـو أن فاراداى نفسه لم يشر قط الى نظامه باسم «نظرية المجال» أو «مفهوم المجال» · والـواقع أنه وضـع نظريتـه تحت الاختبار وكان على استعداد لاهمالها اذا أثبتت التجربة عدم صحتها ·

لماذا يعتبر المجال مفهوما ثوريا ؟ السبب في ذلك هو أن علماء الفيزياء حتى وقت فاراداى كانوا يركزون تفكيرهم حول الجسيم المادى ، وحاولوا استخلاص جميع الظواهر من مفهوم الجسيم • وكانت العمليات الفيزيائية تفسر بوساطة قوانين نيوتن عن الحركة وقوى التفاعل المتبادل بين الجسيمات ، فجاء فاراداى وأزاح الجسيم بعيدا وتوج مكانه خطوط القوى التي تملأ الفضاء • ولم يكن فاراداى يهتم بالجسيم الكهربى أو المغناطيسى بقدر ما كان يهتم بالفضاء الذى تعمل فيه هذه الجسيمات • وهذا هو كل أساس مفهوم المجال • فما يهم فى نظرية المجال انما هو الحالة الهندسية والفيزيائية للفضاء ذاته •

وكان فاراداى ، بالنسبة لهذه النقطة فى غاية الوضوح، فقد كتب فى « بحوث تجريبية » : « وفى ضوء هذا الفهم للمغناطيس ، يكون للوسط أو للفضاء المحيط به نفس أهمية المغناطيس ، ويكون بذلك جزءا من النظام المغناطيسى الحقيقى والكامل » •

وهنا نلاحظ أن فاراداى كان يرى ما يطلق عليه اليوم اسم نظرية المجال المزدوج أو الثنائى ، وهى النظرية التى تعطى نفس الأهمية للجسيم والمجال ولكن التى يلعب فيها المجال الدور الأساسى والقيادى • وبهذا يكون لفاراداى سبق فى الثورة النسبية الحديثة فى علم الفيزياء ، كما يجب أن نرقى بمفهوم المجال الى مصاف أعظم ما أبدعه العقل العلمى •



ولم يكن فاراداى يعتبر فكرة المجال نظرية مستقلة عن نظام نيوتن ، ولكنه كان يعتبرها مكملة لهذا النظام • ولم يكن فى نيته أن ينزل مفهوم الجسيم عن عرشه ، ولكن هذا حدث فيما بعد كنتيجة لفروض فاراداى • وقد بدأ فاراداى أيضا عملية انهيار مفهوم آخر هام ، وهو مفهوم « العمل من بعد » ، فقد افترض نيوتن ، كما آمن بهذا الفلاسفة قبله بزمن طويل ، أن القوى يمكن أن تعمل وتؤثر على مسافات بعيدة وفى الحال ودون الحاجة لأى وسط • وكان اعتقادهم أن هذا هو السبيل الوحيد لتفسير طريقة عمل قوة الجاذبية بين النجوم والكواكب •

وكان لنظرية « العمل من بعد » فى القرن التاسع عشر قدم راسخة فى علم الفيزياء • ولكن فاراداى شعر أن هذا المفهوم غير مقنع وأن افتراضات الميكانيكا النيوتونية تتعارض وظواهر الكهرباء الديناميكية • فلم يتردد فى نبذ فكرة « العمل من بعد » ، وصياغة مفهومه الخاص حيث تحتاج القوة الى زمن لكى تنتقل، ووسائل انتقالها هى خطوط القوى • وقد أجرى فاراداى تجاربه كلما أمكنه ذلك ، لاثبات أن القوة تحتاج الى وقت حتى تنتقل • وقد فشل فى حالة قوة الجاذبية ، ولكنه لم يتزحزح عن اعتقاده وايمانه بصحة مفهومه • ولم يحطم فاراداى نفسه مفهوم « العمل من بعد » ، ولكن هذا المفهوم تحطم على يدى ماكسويل ، الذى أزاله من علم الكهرباء الديناميكية ، وكذلك هندريك لورنتز ، الذى أدت معادلاته التحويلية الى اختفائه تماما من علم الفيزياء •

وفى مايو عام ١٨٤٦ ، نشر فاراداى بحثا طريفا عن بعض تأملاته تحت عنوان « آراء حول تذبذبات الأشـعة » تنبأ فيه بنظرية الضوء الكهربية المغناطيسية • وكتب فى ذلك : « ان وجهة النظر التى آجد فى نفسى الجسـارة لأن أتقدم بها ، تعتبر الاشعاعات نـوعا ممتـازا من ذبذبات خطوط القوى المعروف أنها تربط الجسيمات ، وكذا كتـل المادة ، بعضها ببعض • ووجهة النظر هذه تحاول تجـاهل الأثير ، ولكنها لا تتجاهل الذبذبات » • وجاء ماكسويل بعد ذلك بقليل لتطـوير هـذا الرأى الجسـور رياضـيا واعلان النظرية الكهربية المغناطيسية • وكان فاراداى نفسـه قد أوجد علاقة تجريبية بين الضوء والمغناطيسية ، فقد أوضح فى سلسلة من التجارب الرائعة آن المجال المغناطيسى يمكنـه آن يسبب دوران مستوى الضوء المستقطب •

وكان فاراداى يؤمن ايمانا عميقا بوحـدة الطبيعـة ووحدة قوانين الفيزياء ، كما كان يؤمن بوجود علاقة بين القوى الكهربية المغناطيسية وبين الجاذبية ، وأنه لابد من وجود قانون يحكم هذه العلاقة • فقد كتب عام ١٨٤٩ فى كراسة المعمل : « الجاذبية ، لا شك أن التجارب ستصل بنـا الى ايجاد علاقة بين هذه القوة وبين الكهرباء والمغناطيسية وغيرها من القوى ، بحيث يمكن الربط بينها فى عمل متبادل وتأثير متكافىء • فكر لحظة كيف يمكن معالجة هـذا الأمر عن طريق الحقائق والتجارب » • ولكن جميع التجارب التى أجراها للوصول الى مثل هذه العلاقة باءت بالفشل • ولذلك كتب فى ملاحظة حزينة ولكنها مليئة بالتفاؤل : «وهنا تنتهى محاولاتى فى الوقت الحاضر ، فالنتائج سلبية ، ولكنهـا

لا تزعزع احساسي بوجود علاقة بين الجاذبية والكهرباء ، ولو انها لا تعطى أى دليل على وجود مثل هذه العلاقة » •

★★★

وكان مازال يعمل لحل هــذه المسألة بعــد ذلك بعشر سنوات عندما كتب بحثه الأخير • كانت صحته قد اعتلت فى ذلك الوقت ، ولكنه لم يترك التجارب والبحث • وكان يعانى من فقدان الذاكرة لمدد طويلة ، وقد يعيد تجربة يكون هو نفسه قد أجراها بنجاح قبل ذلك بوقت قصير • وكان ذلك العالم الفقير المنبت ، غير المتعلم ، قد أصبح أستاذا مــدى الحياة فى المعهد الملكى ويقطن فى هامبتون كورت • وفى عام ١٨٦٧ كتبت بنت أخيه الآنسة ريد الى صديق فاراداى العزيز بنس جونز تقول : « ان عمى العزيز يبدو أحسن مما كان فى بعض الأوقات • ولكننى للأسف أتألم عندما أرى عقله يتلاشى بعيدا •• ان صحة عمى سيئة ومتدهورة هذا العام ، وهو فى حالة شلل نصفى » • وفى ٢٥ من أغسطس عام ١٩٦٧ مات ميخائيل فاراداى بسلام فى كرسى مكتبه ، وهو لا يدرك الخلاف الذى سيدور من بعده حول المشــكلة المهمة : هل سيسود المجال أم الجسيم ؟

جـوزيف هنرى

فى ربيع عام ١٨٣٧ ، كانت مجموعة صغيرة من الرجال فى أحد المعامل الانجليزية تحاول اجراء احدى التجارب • كانوا قد أقاموا دائرة كهربية لكى تحمل تيارا ضعيفا جدا، وكانوا يحاولون الحصول على شرارة كهربية بقفل الدائرة وفتحها • وكان شارلس هويتستون يلامس طرفى السلك الذى يتمم الدائرة • ولم يتمكن من الحصول على الشرارة • وقال ميخائيل فاراداى ان هويتستون يتبع طريقة مخطئة ، وأضاف فاراداى بعض التعديلات الى الدائرة وحاول أن يحصل على الشرارة ولكنه لم يفلح •

وكان هناك زائر أمريكى ينتظر بصبر على حين يتناقش عالما الكهرباء الشهيران حول أسباب الفشل • وفى حين كان الأمريكى يستمع الى هذا الجدل أمسك بقطعة من السلك ولفها حول اصبعه مثل البريمة • وبعد بضع دقائق أشار الى أنه عندما ينتهى السيدان ويكونان على استعداد فانه يسره أن يوضح لهما طريقة الحصول على شرارة • وأجاب عليه فاراداى بواحدة من اجاباته الجافة المعتادة ، ولكن الأمريكى استمر فى عمله • فأضاف ملفه الصغير الى أحد أطراف السلك ، وفى هذه المرة عندما فتح الدائرة

انطلقت شرارة وأمكن رؤيتها بوضــوح · فصفق فاراداى فرحا وقال : « مرحى للتجربة الأمريكية ! ماذا فعلت بحق السماء ؟ » ولو كان لجوزيف هنرى طبيعة فاراداى لأجابه قائلا : « لو كنت تقرأ ما أنشر ، وتفهــم ما تقرأ لعرفت ما رأيته لتوك ! » · ولكن أستاذ برنستون شرح بأناة هذه الظاهرة عن الحث الذاتي للرجــل الذى منحه العالم شرف الكشف عن الحث ·

ومر قرن وربــع من الــزمان ، وتجمعت أكداس من المعرفة بين تجــارب بنيامين فرانكلين الكهربيــة ونظــرية الكهربية المغناطيسية لجيمس كلارك ماكسويل · والــكثير من هذه المعرفة جمعه رجل واحد هو جوزيف هنرى ، خلال خمسة عشر عاما من ١٨٢٩ الى ١٨٤٤ · ومع ذلك فقد كان هنرى غريبا فى عصره · وظن أصدقاؤه أن مثاليته العلمية تنطوى على نقص فى الروح الأمريكيــة ، وتجــاهله العلم العالمى لأنه كان أمريكيا · ولم يدرك أحد أنه كان عملاقا الا بعــد وفاته ، وبعد أن مضى معــاصرو شــبابه ، وأدرك الشباب أيضا أن الشهرة الكبيرة التى اكتسبها خلال النصف الأخير من حياته انما كانت نتيجة لأقل كشــوفه أهميــة · وفى النهاية منحه العلم أعظم تقدير بأن رفعه الى مصــاف العظماء ، وذلك بأن أضاف الى الوحــدات الــكهربية وهى الأمبير والفولت والأوم والفاراد اسما آخر هــو الهنرى ، وهى وحدة الحث ·

★★★

فى خــلال الخمســة والعشرين عاما قبل ظهور هنرى أوضح ساندرو فولتا كيفية انتاج تيــار كهــربى ثابت ،

ووجد أوم القانون الذى يحكم قوة التيار واكتشف كل من هانز أورستد ودومينيك أراجو أن التيـار الكهربى يخلق المغناطيسية • والآن وفي العقد الثالث من القرن التاسـع عشر كان بعض الباحثين من ذوى العقول النيرة يتساءلون : اذا كانت الكهرباء تخلق المغناطيسية ، فهل تخلق المغناطيسية بالتـالى الكهرباء ؟ واذا بجـوزيف هنرى ، وهـو مـدرس الرياضيات بمدرسة ريفية باحدى مدن المقاطعات فى أمـة غير متقدمة ، لا يجيب فقط عن هذا السؤال ، ولكنه يذهب الى أبعد مما ذهب اليه أسلافه فى عمق أبحاثه •

ولم يكن فى ماضى هنرى ما يـوحى بمـدى قدرته ولا باتجاه ميوله • لقد ولد عام ١٧٩٧ بالقرب من البـانى بمقاطعة نيويورك ، ونشأ فقيرا ، واشتغل فلاحا وصبيا فى أحد المخازن ، وكان صبيا حالمـا لا يكاد يلم بالقـراءة • وعندما وصل الى سن الثامنة عشرة انحصر اهتمامه فى تربية أحد الأرانب • وفى أحد الأيام انطلق الأرنب ومن خلفـه هنرى الى أن وصلا الى احدى الكنائس • واذا به داخل احدى الغـرف المقفلة وقد احتـوت مكتبـة مليئة بالقصص فنسى الأرنب وقرأ الكتب •

وقد استغرقته الدراما الى درجة أنه عندما أرسل الى ألبانى فى العام التالى ليكسب عيشـه ، وكان عنـدئذ فى الرابعة عشرة من عمره ، ذهب الى مسرح جرين ستريت ، حيث كان يدير جون برنار فرقته الشهيرة • وبقى جوزيف هنرى مـدة عامين يعمل ممثـلا تحت التمـرين فى تلك الفرقة •

وفى سن السادسة عشرة توصل الى اكتشافه العظيم الثانى ، فقد تناول بالصدفة كتابا لزميل له فى السكن • وظل الى سن متأخرة يذكر أول فقرة فى ذلك الكتاب.وقد جاء فيها : « اذا ألقيت حجرا أو قذفت سهما فى الهواء ، فلماذا لا يسير فى خط مستقيم فى الاتجاه الذى ألقيته اليه ؟ وعلى العكس ، لماذا يتصاعد اللهب والدخان دائما الى أعلى دون أية قوة دافعة فى ذلك الاتجاه ؟ » وفى هذا السؤال كشف جوزيف هنرى عالم العلوم •

ولم يكن هنرى أبدا من الذين يتخذون قرارات فى الأمور الصغيرة ، فقد ذهب مرة لتفصيل حذاء وظل أياما لا يستقر على رأى فيما اذا كان يريد مقدمة الحذاء مستديرة أو مربعة • وأخيرا ، وقد ضاق به الاسكافى ، صنع له فردة بمقدمة مستديرة وفردة الحذاء الأخرى بمقدمة مربعة • ومع ذلك ، فقد كان هنرى يتخذ القرارات المهمة فى الحال ، فقد ذهب لنعمل على المسرح دون أية خبرة أو تمرين ، ثم اذا به ، ودون أية أسباب وجيهة ، يغير رأيه فجأة ويقرر أن يصبح عالما وفيلسوفا طبيعيا •

ذهب هنرى الى الأكاديمية فى آلبانى وتقدم اليها ليلتحق بها طالبا • كان التلاميذ الآخرون من زملائه يصغرونه ببضع سنوات، كما كانوا من أبناء الأسر المقتدرة ، ولكن هنرى عاش حياة خاصة كان كل شىء فيها ممكنا • ومن حسن الحظ أنه كان لديه من المواهب ما يجعله يكيف العالم الخارجى بحيث يلائم أحلامه الخاصة •

وبعد دراسة لمدة سبعة شهور فى الفصول الليلية والدروس الخاصة ، اكتسب قدرا من التعليم كان كافيا لكى يحصل به على عمل كمدرس فى احدى المدارس الريفية • وبذلك تمكن أيضا من اتمام دراسته • وكان التدريس وحضور الدروس فى الأكاديمية يستغرقان منه ١٦ ساعة يوميا ، ولكن هنرى كان سعيدا بحياته هذه • وأخيرا ترك التدريس وتحدث مع أستاذه فى الكيمياء لكى يأخذه مساعدا له لتجهيز وتحضير تجاربه التى يجريها فى أثناء المحاضرات امامة • وكانت خبرة هنرى المسرحية قد علمته أن كل عمل يؤدى أمام الجمهور يجب أن يكون فى غاية الكمال ، وأن يكون مقنعا ومؤثرا بأكبر قدر ممكن • وقد أثرت هذه الخبرة فى السرعة والبساطة التى تميزت بها تجاربه الخاصة •

وعندما أنهى هنرى دراسته فى الأكاديمية عين مساحا ومهندسا على قناة ايرى • وقد بدا عندئذ كما لو كانت أيام فقره قد انتهت وقد تفتحت أبواب الثراء أمامه • وكان فى مقدور رجل له مثل مؤهلاته أن يجمع ثروة كبيرة فى أن مكان يعمل به من الموانىء الشرقية الى تلال ويسكونسن البعيدة • ومع ذلك، فما ان عرضت عليه أستاذية الرياضيات والفلسفة الطبيعية فى ألبانى بعد بضعة شهور ، حتى شعر أن بلاده تحتاج الى الأساتذة المتفوقين أكثر من حاجتها الى المهندسين ، فقبل منصب الأستاذية •

وعاد جوزيف هنرى الى ألبانى عام ١٨٢٦ • وكان فى ذلك الوقت شابا ذا مظهر آخاذ : له شعر أشقر متموج ،

وعينان نافذتان زرقاوان ومظهر الممثل • وخلف هذا المظهر كانت تكمن المواهب الاساسية للبحاثة ، والقدرة على تحليل وتبسيط الآراء والأفكار الكبيرة •

كان الجدول المعد له للتدريس كبيرا ، فكان الوقت الوحيد الذى يختطفه لاجراء بحوثه فى أثناء عطلة الصيف، وذلك عندما يسمح له بتحويل أحد فصول الدراسة الى معمل ، وفى نهاية شهر أغسطس يعيد اجهزته الى المخزن وتعود المقاعد الى أماكنها فى الفصل •

كان أول ما قام به هو بناء مغناطيس كهربى على طريقة ويليام سترجيون الانجليزى • وكان مغناطيس سترجيون عبارة عن قضيب من الحديد مغطى بطبقة من السلك المصفى ، وحول هذا القضيب يلف سلك عار بحيث لا يتلامس • ثم ثنى سترجيون القضيب وجعله على هيئة حدوة الحصان ، وكان من الممكن أن تنجذب قطعة من الحديد تزن سبعة أرطال الى المغناطيس طائرة فى الهواء عند مرور التيار الكهربى فى السلك ، ثم تسقط مرة أخرى الى الأرض عند توقف التيار • وفى احدى عطلات الصيف شيد هنرى فى فصله مغناطيسا يمكنه رفع طن من الحديد • وبدلا من أن يعزل الحديد ، عزل هنرى السلك بعناية ، مما سمح له أن يلف السلك متقاربا من بعضه وبذلك حصل على أكبر عدد من لفات السلك حول القضيب الحديدى • وقد شرح هنرى جهازه هذا فى « مجلة العلوم الأمريكية » التى كان يصدرها بنيامين سيليمان من ييل •



وقد قادت هذه التجارب عن الكهربية المغناطيسية هنرى الى مسألة توليد الكهرباء من المغناطيسية • وكانت ظاهرة تولد مجال مغناطيسى ثابت من تيار كهربى مستمر قد أدت بمن سبقه من العلماء والباحثين الى الاعتقاد بأنه من الممكن أن يولد المجال المغناطيسى الثابت تيارا كهربيا مستمرا • وكان الاختبار المعتاد هو لف طول معين من السلك حول قطعة حديد ممغطسة ، ثم حك طرفي السلك معا وانتظار حدوث شرارة كهربية • وكان العمل الكبير الذى حققه هنرى هو قدرته على أن يتنبأ بأن حل هذه المسألة لا يأتى عن طريق مجال مغناطيسى ثابت ، ولكن فى مجال مغناطيسى متغير •

وفى التجربة التى أجراها هنرى استخدم مغناطيسه الكهربى الذى على شكل حدوة الحصان وقطعة من الحديد الزهر ، سماها ذراعا ، تصل قطبى المغناطيس ، ولف حول الذراع سلكا نحاسيا معزولا طوله حوالى ٣٠ قدما ويتصل طرفاه بجلفانومتر على بعد حوالى ٤٠ قدما وبذلك كان لديه ملفان مستقلان تماما ، أحدهما ملف المغناطيس وهو متصل بالبطارية والملف الآخر متصل بالجلفانومتر • واستعد لاجراء التجربة • وكتب أخيرا يصف التجربة فقال : «وقفت بجوار الجلفانومتر • وطلبت من مساعدى أن يوصل البطارية المتصلة بالمغناطيس » وعندئذ حدثت المعجزة • « انحرف الطرف الشمالى لابرة المغناطيس ٣٠ درجة ، دالا على مرور تيار فى السلك الملفوف حول الذراع » •



ولابد أن يكون هنري قد أصيب بخيبة أمل بعد ذلك بلحظة واحدة • وذلك أنه على الرغم من استمرار مرور التيار فى ملف المغناطيس ، فقد عادت ابرة الجلفانومتر الى وضع الصفر • ثم أشار الى مساعده لقطع التيار ، ولدهشته تحركت الابرة فى لحظة قطع الدائرة مرة أخرى ولكن فى الاتجاه المضاد لانحرافها الأول •

وفى الحال أدرك هنرى السبب فى هذا التصرف غير المتوقع • انه فى أثناء تغير المغناطيسية فى الذراع من الصفر الى كامل قوتها عند قفل الدائرة ، وكذلك من كامل قوتها الى الصفر مرة أخرى عند فتح الدائرة ، عند ذلك فقط يحدث شيء ما فى الملف الثانوى • ولخص هذا التأثير كما فهمه على النحو التالى : « ان تيارا مؤقتا فى هذا الاتجاه او ذاك يصاحب أى تغير فى شدة مغناطيسية الحديد » •

وبذلك كان هنرى قد أثبت أن تيار حث يحدث فى أى سلك فى مجال متغير • وبعد ذلك بقليل كشف أن « أى سلك » ، قد يعنى كذلك نفس السلك الذى خلق المجال فى أول الأمر • وفى عام ١٨٢٩ كان قد لاحظ الحث المغناطيسى للتيار على نفسه ـ وهو ما يسمى اليوم الحث الذاتى • وكان استخدامه لهذه الظاهرة فيما بعد فى أثناء التجربة أمام فاراداى وهويتستون هو الذى أذهل العالمين •

والآن ، فان هذا العمل العظيم ، وكثير غيره ، قد تم فى خلال الصيف فى أعوام متتالية قبل عام ١٨٣١ ؛ غير أن أول ما كتب أو عرف عن هذا العمل لم يكتب ، مع الأسف

الشديد ، الا فى عام ١٨٣٢ · كان هنرى يعلم أنه يشتغل فى أصعب مشكلة تواجه العلماء فى ذلك الوقت ، وكان يعلم أنه قد حل المشكلة قبل أى شخص آخر ، ولكنه لم يكن لديه أى اتصال شخصى بالعلم كمهنة ، وكان العلماء الأوربيون والذين كان يعرف أسماءهم يبدون له كما لو كانوا فى أبراج عالية · ولذلك فقد تردد فى نشر أية نتائج لبحوثه الا بعد تجميع كمية كبيرة من البيانات · وكان تواضعه فى الواقع نتيجة لكبريائه غير الواعية بعبقريته التى كان يرجو أن تقبل على علاتها · وكان بالاضافة الى ذلك مشغولا جدا ولا يجد الوقت الكافى لكتابة نتائج أبحاثه واعدادها للنشر ·

وقد ظل الى آخر أيام حياته آسفا لأنه لم ينشر نتائجه ، وكان يقول : « كان يجب أن أنشر مبكرا » · « كان يجب أن أنشر ، ولكن لم يكن لدى متسع من الوقت ! كان من الصعب القيام بكل ذلك العمل ! كنت أريد أن أنشر نتائجى فى شكل مقبول ، وكيف كان لى أن أعلم أن شخصا آخر فى الجانب الآخر من الأطلنطى كان يقوم بنفس البحوث ؟ » ·

وجاءت الصدمة فى مايو عام ١٨٣٢ · كان مازال على ثقة بأنه يسبق العالم بعدة سنوات وبعمل عظيم ، عندما التقط صدفة مجلة علمية بريطانية وقرأ فيها فقرتين واذا بالمجلة تسقط من يديه : لم يعد متقدما على أحد بسنوات · كان فاراداى قد نشر كشفه المستقل عن الحث الكهربى المغناطيسى ·

كان بحث فاراداى الذى نشره عام ١٨٣٢ مبنيا على النتائج التى حققها فى الخريف السابق • ومع أن هنرى كان متقدما على فاراداى بعدة سنوات ، الا أنه شعر فى ذلك الوقت أن النشر قد أصبح غير ذى موضوع ، وغلبه اليأس • غير أن سيليمان كان قد سمع ببحوث هنرى فاستمر فى الالحاح عليه لكى يرسل وصفا لها للمجلة العلمية الأمريكية • وأخيرا بدأ هنرى فى اعداد وكتابة سلسلة بحوث كان لها الفضل فى احتفاظه بمكانته العلمية التاريخية، ولو أن ذلك تم بعد وفاته •

ولم يكن قد أتيح للعلم الأمريكى أن يحقق نصرا عالميا منذ قام بنيامين فرانكلين ببحوثه العلمية • وكانت الجمهورية الناشئة فى غاية الحساسية بالنسبة للسلوك الأوروبى تجاهها وأن أمريكا ليس لديها من الثقافة ما تمنحه للعالم• ولذلك ، وبدلا من الشعور بالعطف على هنرى فى موقفه هذا ، فان كثيرا من أصدقائه وجهوا اليه اللوم لتخلفه فى نشر نتائج بحوثه فى الوقت المناسب ، ونعتوه بأنه لا يشعر بالمسئولية وأنه غير وطنى • ولكن كان هناك قليلون فهموا الموقف على حقيقته ، وبدلا من توبيخه ، أتاحوا له فرصا أكبر لاجراء بحوثه ، وذلك بتعيينه عضوا فى هيئة تدريس جامعة برنستون •

★★★

وعندما كان هنرى مايزال فى آلباني كشف مجدد التيار الكهربى • وقد استخدمه لخلق أول تلغراف كهربى مغناطيسى سابقا صامويل مورس بخمس سنوات على الأقل • وكان

جهاز الاشارة عند هنرى عبارة عن جرس · ولم ينشر قط تفاصيل المجدد كبحث مستقل ، ولكنه كان يحاضر عن أهميته التطبيقية ، وكان بالنسبة له مجرد تعديل وتحوير وتطبيق للنظريات الأكثر عمقا التى كان قد آعلنها · وصف هـذا الجهـاز لمورس وهـويتستون ، وهو مخترع التلغراف الانجليزى ، وقد استخدم الرجلان هذا الجهاز بحرية ·

وكان مجـدد التيـار الذى اخترعه هنرى عبارة عن مغناطيس على شكل حدوة الحصان، ويلتف حوله سلك الارسال التلغرافى الطويل · ويتصل بقطبى المغناطيس ذراع حديدى متحرك ينجذب نحو المغناطيس كلما وصلت اشارة كهربية · وكلما تحرك الذراع الى أسفل والى أعلى تفتح وتغلق دائرة أخـرى بهـا بطاريتهـا الخاصـة · ويوجـد فى الدائرة الثانية اما جهاز للطبع واما ملف حدوة حصان تابع لمجـدد آخر ، بحيث يقوى الاشارة لاعادة ارسالها مرة أخرى · وقد بقى هذا المجدد دون تغيير يذكر الا فى بعض التفاصـيل الميكانيكية ·

وشيد هنرى فى برنستون جهازا تلغرافيا كبيرا وأرسل اشارات عبر سلك طوله ميل ، وذكر أن المجددات المتتاليـة تسمح له بامتداد الدائرة الى مسافات لا نهائية · واستمر فى بحوثه عن الحث وحقق نجاحا كبيرا فى فهم تفاصيل هـذه الظاهرة · وفى احدى الصفحات وصف ما يعتبر فى الواقع الأساس النظرى للمحول الكهربى : « يتكون الجهاز الذى استخدم فى التجربة من عدد من الملفات المسطحة المكونة من أشرطة نحاسـية ·· وقد رتب الملف رقم ١ بحيث يستقبل

التيار من بطارية صغيرة . ووضع الملف رقم ٢ فوق هـذا الملف وبينهما قطعة زجاج تضمن العـزل التام ، فكلمـا تقطعت الدائرة الأولى ، ينتج تيار حث قوى فى الدائرة رقم ٢ ٠٠ ومع ذلك فالصدمة فى هذا الملف كانت ضعيفة وكنت تقريبا أحسها فى أصابعى » ٠ وبمعنى آخر فان التيار قد ازداد ولكن الفولت انخفض ٠ « فاذا أبقينا الملف رقم ١ كما هو ، وأبدلنا بالملف رقم ٢ آخر اطول منه ، بهذا تكون القوة المغناطيسية أقل بكثير ، ولكن الصدمات أكثر قوة » ٠ وبذلك كان قد أضعف التيار ولكنه زاد الفولت ٠



ولم يكن معاصرو هنرى يفقهون الا النزر اليسير عن الكهرباء والدوائر الكهربية ؛ مما جعلهم لا يقدرون بحوثه الا ما أمكنهم فهمه منها ٠ وكان هنرى فى نظر الذين قرأوا المجلة الأمريكية للعلوم ــ وكان توزيعها ضئيلا ــ قد أضاف مجرد تعديل بسيط الى المغناطيس الكهربى ٠ ولم يدركوا تعمقه الجوهرى فى المحـول ، ولذلك فقـد أهملوه لعـدة سنوات ٠ وكان الذين يهتمون بقراءة المجلة الأمريكية من الأوروبيين قليلين جدا ٠ واعيد نشر بحوث هنرى الأصلية فى انجلترا بعد عشر سنوات ، ولـكن ذلك لم يضف عليهـا سوى تقدير سطحى ٠

نادرا ما استخدم هنرى الرياضيات فى تحليله للظواهر الفيزيائية ٠ وفى عهـده لم يكن قانون أوم ــ الذى يدرس الآن فى المدارس الثانوية ــ قد وضع فى شكله الكمى، وكانت تحليلات هنرى قوية ولكنها كانت نوعية أكثر منها كمية ٠

كانت الجهود تقاس بطرق نسبية وذلك بشدة الصدمة التى يحسها القائم بالتجربة ، وكانت شدة التيار تقاس بوسائل كيميائية ، فاذا كانت ضعيفة جدا ، تقاس باحساس الحموضة الذى تحدثه فى فم القـائم بالتجـربة • وكان هنرى يقيس الجهود الضعيفة بصدمتها فى لسـانه • ومع أنه كان بذلك يحصل على كميات نسبية الا أنه توصـل الى الشـكل الآسى الصحيح لنمو التيار واختفائه فى دائرة حث •

وحقق هنرى آخر أعماله العظيمة فى دراساته للكهرباء عام ١٨٤٢ ، فقد تمكن فى ذلك العام من ارسـال موجات لاسلكية • وكان ذلك فى وقت يسبق تجارب هنريش هيرتز الشهيرة بنصف قرن • لاحظ هنرى أن تأثير الشرارة يمكن أن يلاحظ بوساطة دائرة موازية على بعد ٣٠ قدما • وكانت الملفات التى تنتج الشرارات تعمل فى الطابق الثانى من المبنى الذى به معمله ، وكانت الابر المغناطيسية فى البدروم ، وتم التأثير خلال ٣٠ قدما من الهواء وطبقتين من السقف سمكهما ١٤ بوصة • وتدل الفقرة التالية من بحثه على أنه كان يدرك أن هذه الظاهرة عبارة عن موجات وأنها شبيهة بظاهرة انتقال الضوء •

« ويظهر أن انتقـال شرارة واحـدة يكفى لاحـداث اضطراب محسوس فى كهرباء الفضاء خلال مكعب لا تقل سـعته عن ٤٠٠ر٠٠٠ قـدم ؛ وعنـدما نعتبر أن الشرارة (تتذبذب) •• فانه يمكننا أن نستنتج أن انتشـار الحركة فى هذه الحالة يمكن مقارنته فى الغالب بانتقـال حـركة الشرارة التى تحدث من الحجر والصلب فى حالة الضوء » •

وفي عام ١٨٤٦ انتهت أعمال هنرى فى البحوث العلمية ، فقد كانت حكومة الولايات المتحدة تبحث عن مدير لمعهد سميثسونيان الذى انشىء حديثا ، وعين هنرى فى ذلك المنصب . وكان معنى قبوله آن كل وقته سوف ينصرف الى الأعمال الادارية . ولكن هنرى شعر أن ذلك المنصب سوف يتيح له الفرصة لجمع شمل العلم الأمريكى . وكان قبل ذلك بعشرين عاما قد أحس بواجب القيام ببحوث علمية فترك مهنة الهندسة ، والآن يشعر مرة أخرى أن من واجبه أن يهجر البحث لكى يعمل كأول مدير علمى قومى .



وعندما كان هنرى فى الخمسين من عمره كان يعتبر أحد قادة العلم فى أمريكا . ولكن معاصريه كانوا يعتبرونه مديرا علميا : مدير معهد سميثسونيان والمستشار العلمى لأبراهام لنكولن خلال الحرب الأهلية ، والرجل الذى ذهب اليه العلماء الشبان من أمثال مورس وألكسندر جراهام بيل للحصول على تشجيعه وتأييده . ولم يكونوا يعرفونه كالعالم البحاثة الذى أمضى خمسة عشر عاما فى البحوث الكهربية المغناطيسية سبق بها عصره وتقدم عليه .

وكان هنرى فى عمله مديرا لمعهد سميثسونيان يتناول كثيرا من المجالات . اذ وضع مشروعا لاعطاء معلومات عن حالة الجو ، وهو المشروع الذى تطور فيما بعد وأصبح المكتب الجوى للولايات المتحدة (مصلحة الأرصاد الجوية) ، واستحث جيمس ليك لتأسيس مرصده الشهير فى كاليفورنيا . واشترك فى عدة لجان حكومية استشارية ، ومنها اللجنة التى

اختبرت في عام ١٨٥٠ تصميمات صنع مركب حربى حديدى لبحرية الولايات المتحدة • وكان هنرى أول من أوصى بقبول التصميم ، ولكن نصيحته أهملت ، وعندما قامت الحرب الأهلية عادت الحكومة فوافقت على التصميم وبذلك شيدت « المريماك » •

وكانت بيانات الأرصاد الجوية تجمع في معهد سميتسونيان بالتلغراف من ٥٠٠ راصد في جميع أنحاء البلاد شرق نهر المسيسيبى ، وكلما وصل تقرير تلغرافى من منطقة محلية كان يثبت قطعة صغيرة مستديرة من الورق المقوى فى مكانها على خريطة كبيرة للبلاد • وكانت الألوان المختلفة تدل على المطر والثلج والجو الصحو والسحب • وقد وجد هنرى أن العواصف تتحرك نحو الشرق بمعدل ٢٠ الى ٣٠ ميلا فى الساعة ، وبالتالى فقد شرح أهمية وفائدة الخرائط الجوية للمزارعين ، ورجال السكك الحديدية وشركات الملاحة •

وكان هنرى أول من درس درجة الحرارة النسبية للبقع الشمسية ، ففى عام ١٨٤٨ عرض صورة للشمس على لوحة واستخدم مشما صغيرا جدا لقياس درجة الحرارة النسبية لكل نقطة على صورة الشمس واكتشف أن صور البقع أبرد من المناطق المحيطة بها •

★★★

وكان تطور المحرك فى العقد الأخير من حياة هنرى هو ابتداء استخدام التيار المتغير • وعندئذ فقط بدأ الناس فى العودة الى أبحاث هنرى وتقدير قيمتها • وقد أدت نظرية

ماكسويل الكهربية المغناطيسية الى اعادة النظر في تصريح هنري عن أن انتشار الكهرباء في الفضاء يشبه انتقال الضوء • وأعانت تجارب هيرتز الباحثين على أن يعيدوا النظر وأن يدركوا أن هنري كان يبعث باشارات من الذبذبات الشرارية ويستقبلها على دوائر بدائية •• وقد نال هنري كل تكريم بعد وفاته وبذلك كان على الانسانية أن تمضي ٤٠ عاما لكي تدرك وتفهم وتقدر ما قام به من أعمال و بحوث •

جيمس كلارك ماكسويل

فتح جيمس كلارك ماكسويل ، أعظم عالم للفيزياء فى القرن التاسع عشر ، عهدا جديدا فى العلم ، ويرجع اليه الفضل في كثير مما يميز عالم اليوم عن عالمه هو . ولما كانت أروع كشوفه ثمرة بحوث نظرية غير تطبيقية ، فانه غالبا ما ينظر اليه كمثال للعالم الذى يشيد نظمه بالقلم والورق . ولكن هذا الفهم غير صحيح ، فقد كان ماكسويل يجمع بين بصيرة فيزيائية نافذة ومقدرة رياضية هائلة . وعلى حين كان ينفذ الى أعماق الظواهر الفيزيائية ، لم تكن تفوته المشاهدات أو الملاحظات التى تستحق الشرح . وكان هذا الجمع والربط بين الواقع الملموس والأمور المجردة هو أكبر ما يميز معظم بحوثه .

ولد ماكسويل فى مدينة أدنبرة يوم ١٣ نوفمبر عام ١٨٣١ ، وهو العام الذى أعلن فيه فاراداى كشفه الشهير عن التأثير الكهربى المغناطيسى . ونشأ فى أسرة اسكتلندية قديمة اشتهر أفرادها بالفردية « التى قد تصل الى حد الشذوذ » ، كما اشتهروا أيضا بالمواهب (فكان منهم قضاة محترمون، وسياسيون ، وأصحاب مناجم ، وتجار ، وشعراء ،

وموسيقيون) وكان هــو الابن الوحيد لمحام لم يهتم كثيرا بمزاولة مهنة المحاماة بل وجه اهتمامه نحو ادارة مزرعتــه الصغيرة ، واشترك في ادارة شئون المقاطعة ، وركز اهتمامه وحبه على تربية ولده • كان والد ماكسويل رجــلا بســيطا ولطيفا يميل الى المرح ولديه شغف بالمسائل الميكانيكية • وقيل عن امه انها كانت « ذات مزاج حاد » •

أمضى جيمس ، كمــا كانوا يســمون الطفــل ، فترة طفولته المبكرة في مزرعة العائلة في جليتلير ، وهي تبعــد مسيرة يومين بالعربة عن مدينة أدنبرة • وكان قصير النظر، مليئا بالحيوية ، محبــوبا ودودا ، كثير التســاؤل كوالده ومغرما بالآلات مثله كذلك ، وكان هــدفه دائما أن يعــرف « كيف تعمل » • وكثيرا ما كان يسأل : « كيف تعمل هــذه الآلة ؟ » فاذا لم تشفه الاجابة ، كان يضيف : « ولكن كيف تعمل بالذات ؟ » • وكان أول اختراعاته مجموعة من الأرقام « لعجلة الحياة » ، وهي لعبة علمية يخيل للناظر اليها أنهــا تتحرك باستمرار ، وكان مغرما بعمل الأشياء بيديه ، وبعد ذلك ، عندما كبر ، عرف كيف يصمم النماذج التي تحتوى على أكثر الحركات تعقيدا ، وغيرها من العمليات الفيزيائية •

ماتت أم ماكسويل بمرض السرطان عنــدما كان في التاسعة من عمره ، وهو المرض الذى قضى عليه بعــد ذلك بأربعين عاما • وقد وحد موت الأم وقرب بين الأب والابن • بدأ الولد تعليمه بعد ذلك بعام واحد في أكاديمية أدنبرة • وكانت تجاربه الأولى في التعليم أليمة ، فقد كان مدرسه ، وهو رجل أسكتلندى جاف اكتسب سمعته التربوية من كتاب

وضعه عن الافعال الاغريقية الشاذة ، يطلب من تلاميذه ان يحافظوا على النظام ، وان يلموا بالمواد العندية ، ولا داعي للابتكار والاصالة • ولم تكن هـذه الصفات متوافرة لدى ماكسويل • وخلقت ملابسه له مشكلة ، فقـد وضـع ابوه تصميم هذه الملابس وكان يصر على أن تكون ملابسه «صحية» وان يكون حذاؤه مربع المقدمة وان يلبس قميصا ذا شريط متعرج • ولذلك ، فقـد سماه زملاؤه « رافتي » وكانـوا يسخرون منه ، ولكنه كان ولدا عنيدا وأمكنه بمضي الوقت أن يكتسب احترام زملائه مع أنه استمر يحيرهم بتصرفاته •

★★★

ولقد بدأ اهتمام ماكسويل وشـغفه بالرياضـيات في الظهور تدريجيا أثناء الدراسة • وكتب الى أبيه يقول انه صنع « المجسم ذا السطوح الأربعة ومثلثه المجسم ذا الاثنى عشر سطحا واثنين آخـرين من المجسـمات التى لا يعـرف أسماءها الصحيحة » • وعندما كان في الرابعة عشرة من عمره حاز ميدالية الأكاديمية في الرياضيات وكتب بحثا عن تصميم المنحنيات البيضوية الكاملة بوساطة الابر والخيط • وكان صبي آخر عجيب ، هو رينيه ديكارت ، قد سبقه في هذا المجال ولكن أعمال ماكسـويل كانت أصيلة • وكان يوما رائعـا للأب والابن عنـدما اسـتمعا الى بحث الابن عن البيضويات يقرؤه الأستاذ جيمس فوربس أمام الجمعيـة الملكيـة في أدنبرة • وقوبل البحث ، كمـا كتب الوالد في مذكراته : « باهتمام كبير وموافقة عامة » •

وبعد أن أمضى ماكسـويل ست سنوات في الأكاديميـة دخل جامعة أدنبرة • وكان عمـره ١٦ عاما ، لا يسـتقر ،

غامض ، ذو موهبة خارقة ، يكتب شعرا غريبا عن مصــير المادة والطاقة . . .

عندما تتجمد الأرض والشمس

وتتدثر كل طاقاتهـا

سوف تتلاشى المادة فى الأثير

ويسجل صديقه ومؤرخ حياته لويس كاميــل انه كان أنيقا « ولو أنه كان يعارض تماما خيلاء الملابس المنشاة والقفازات » ، وأنه كان يصيبه « الـرعب من تحطيم أى شىء ــ حتى مجرد ورقة تسويد » . كان يقرأ بنهم ويمضى وقتا طويلا فى التأملات الرياضية وفى التجارب الكيميائية والمغناطيسية والكهربية . « وعندما كان يجلس الى المائدة كان يبدو بعيدا عما يجرى ، منغمسا فى ملاحظة تأثير الضوء المنكسر خلال الزجاج ، الذى يصنع مطيافا غير مرئى ، وما الى ذلك من الأمور . وكثيرا ما كانت عمتــه الآنســة كاى تصرخ فيه لتجذب انتباهه قائلة : « جيمس ، انك سارح فى فرض رياضى » .

وكان ماكسويل ، فى أثناء وجوده فى أدنبرة يواظب على حضور اجتماعات الجمعية الملكية ، ونشر فى مجلتها اثنين من بحوثه أحدهما « عن نظرية المتحنيات الدوارة » والآخر « عن توازن الأجسام المرنة » . ولم يكن يقرأ هذه البحوث بل كان يتلوها غيره من الأعضاء فى الجمعية الملكية « لأنه لم يكن من الملائم أن يصعد صبى فى سترة مستديرة الى المنصة هناك » . وفى أثناء عطلاته التى كان يقضيها فى جلينلير ،

كان يكتب الى أصدقائه عن مختلف أعماله . وكان الكثير من رسائله يعبر عن شغفه الشديد بالفلسفة الأخلاقيـة ، مما يعكس تعاطفه الاجتماعي وغيرته المسيحية ، وذلك الخليط الذى لم يكن شيئا غير عادى فى القرن التاسع عشر ألا وهو التعقل والايمان البسيط . فقد كان الناس يعتقدون فى ذلك العصر أنه يمكنهم دراسة مسائل الحكمة والسعادة والخير كما يدرسون الضوء والميكانيكا .

وفى عام ١٨٥٠ التحق ماكسـويل بجامعـة كامبردج وتتلمذ على يدى ويليام هوبكنز الذى كان يعتبر أقدر مدرسى الرياضيات فى عصره ، فأعده لامتحان فى الرياضيات يتنافس فيه أنبغ الطلبة وأبرعهم . وكان هوبكنز قد أدرك منـــذ اللحظة الأولى مواهب الشاب الاسكتلندى ذى الشعر الأسود ، ووصفه بأنه « أعجب رجل قابلته » ، ثم أضاف « انه يبدو من المستحيل عليه أن يفكر تفكيرا غـير سليم فى المسـائل الفيزيائية » .

وكان ماكسويل يبدى من الاهتمام بالنشاط الاجتماعى والثقافى فى الجامعة قدر ما كان يعمل بجـد واجتهـاد فى تحصيل العلم والدراســة . وقد انتخب عضـوا بنـادى الحواريين ، وهو يضم ١٢ عضوا ، وظل عدة سـنين يضـم نخبة ممتازة من أشهر شباب كامبردج . وقد وصفه أحـد معاصريه بأنه « أكثر الزملاء بهجة وظرفا وواضع نظريات كثيرة عجيبة ، وناظم للكثير من القطع الشعرية » . ولم تكن أقل نظرياته غرابة هى تلك النظرية المتعلقة بأوقات النوم ، فقد كان ينام من الخامسة بعد الظهر الى التاسعة والنصف ،

ثم يقرأ بغزارة من العاشرة الى الثانية صباحا ، ثم يقوم ببعض التمرينات الرياضية وخاصة الجرى فى الممرات وعلى السلالم من الثانية الى الثانية والنصف صباحا ثم يعود الى النوم مرة أخرى من الثانية والنصف الى السابعة صباحا • ولم تعجب هذه التصرفات زملاؤه من سكان بيت الطلبة ، ولكن ماكسويل أصر على تجاربه الغريبة • وكان أحد مباحثه الأخرى هو دراسته للطريقة التى تنزل بها القطة دائما على أقدامها ، اذ أوضح أن القطة يمكنها أن تعيد نفسها الى الوضع الطبيعى تماما حتى ولو اسقطت فى وضع مقلوب على مائدة أو سرير من ارتفاع بوصتين •

وفى صيف عام ١٨٥٣ اصابه «نوع من الحمى المخية» • وظل ماكسويل مريضا عدة أسابيع ولازمته آثار هذا المرض فترة طويلة بعد ابلاله منه ، ولا شك أن تلك الفترة كانت من الأوقات العصيبة بالنسبة له ، ولكن أسبابها ظلت خافية غير معروفة • وكل ما يعرف عنها أنها أدت الى زيادة ايمان ماكسويل الدينى ، وهو ورع عميق مخلص ، يقترب من الكالفنية الاسكتلندية ولكنه لا يمكن أبدا تشبيهه بأى نظام أو طائفة خاصة • وكان من عادته أن يقول : « اننى لا أحتمل الهرطقة » •

وفى يناير عام ١٨٥٤ دخل ماكسويل امتحان المسابقة فى بيت السينت بكامبريدج ، وقد لف بطانية حول رجليه وقدميه ، حسب نصيحة والده ، لكى يخفف من حدة البرد القارس ، وكانت حرارته مرتفعة • ومع ذلك ، كان ترتيبه فى المسابقة الثانى ، وكان الأول هو الرياضى الشهير ادوارد

روث (وفى مسابقة أخرى بكامبريدج ، للحصـول عـلى « جائزة سميث » حيث كانت مواد الاختبار أكثر تقـدما ، حصل ماكسويل وروث معا على المكانة الأولى) ٠

★★★

وبعد حصوله على شهادته ، بقى ماكسويل مدة عامين فى ترينتى ، يدرس ويحاضر ، ويعطى دروسـا خاصـة للتلاميذ ، ويجرى تجارب فى علم الضوء ٠ وقد صمم نحلة ذات أقراص ملونة لدراسة اختلاط الألوان ، وقد أمكنه أن يثبت أن تركيبا متناسبا من ثلاثة ألوان أولية ــ وهى الأحمر والأخضر والأزرق ــ ينتج عنه « لدرجة قريبـة جـداً من التقريب » كل ألوان الطيف تقريبا ٠ وحصل أخيرا عـلى ميدالية رامفورد من الجمعية الملكية نتيجة بحوثه هـذه عن الاحساس بالألوان ٠

ولعل أهم نشاط زاوله ماكسويل فى العامين اللذين لحقا تخرجه ، وهما العامان اللذان قضاهما فى ترينتى ، كان قراءته لكتاب فاراداى عن « بحوث تجريبية » ، وكذلك بدء دراساته فى الكهرباء ، وهى الدراسـات التى أدت الى أعظم كشوفه ٠ وقبل مغادرته ترينتى نشر أول عمل كبير له وهو بحث جميل « حول خطوط القوى لفاراداى » ٠ وفى عام ١٨٥٦ عين ماكسويل أستاذا لكرسى الفلسفة الطبيعية بكلية ماريشال بمدينة أبردين ، وكان من ضمن الأسـباب التى حدت به الى التقدم لهذا المنصب رغبته فى أن يكـون بقرب والده الذى كانت صحته قد أخذت فى التدهور ، ولكن أباه مات قبل تعيينه فى منصبه الجـديد ببضـعة أيام ٠

وكانت وفاة أبيه صدمة له وخسارة لا تعوض ، فقد كانا دائما قريبين من بعضهما البعض ، كما يجب ان يتقارب الأب وابنه . وفي أبردين استأنف ماكسويل بحوثه في الكهرباء . وكان حمله في التدريس خفيفا . ومع أنه كان يأخذ التدريس مأخذ الجد الا أنه لا يمكن القول ان ماكسويل كان مدرسا عظيما ، فقد كان يجد صعوبة مع الفصول التي لا تتميز بالذكاء . ولم يستطع أن ينفذ النصيحة التي كان قد قدمها لصديق له كان عليه أن يلقي موعظة في احدى المقاطعات ، عندما قال له : « لا تثقل عليهم واجعلها خفيفة على قلوبهم » .

واضطر ماكسويل الى قطع دراساته في الكهرباء التي كان يجريها في أبردين مدى عامين تفرغ فيهما للاعداد لمسابقة أجرتها جامعة كامبريدج للحصول على جائزة عن بحث حول حلقات الكوكب زحل هل هذه الحلقات صلبة ، ام هي مائية ؟ أو هل تتكون هذه الحلقات من كتل من المادة غير متماسكة ؟ وكان على الباحث أن يثبت أى نوع من هذه التركيبات للحلقات يمكنه أن يفسر تفسيرا سليما حركة واستمرار هذه الحلقات . واستطاع ماكسويل ، في رسالة رائعة تقع في ٦٨ صفحة ، وصفها سير جورج أيرى ، عضو المرصد الملكي . بأنها أعظم ما رأى من تطبيق للرياضيات ، استطاع ماكسويل أن يبرهن على أن التركيب الوحيد الثابت لابد وأن يتكون من جسيمات غير متماسكة . ونالت رسالته الجائزة ولكنها أيضا أرست مكانته كأحد قادة الفيزياء الرياضية .

ولقد اثارت بحوثه عن زحل شغفه بنظرية حركة الغازات وكان الذين سبقوا ماكسويل في هذا المجال من

بمثـــال رودلف كلوزياس وذانيـــال برنولى وجيمس جـول وغيرهم . قد نجحوا فى تفسير كثير من خواص الغازات مثل الضغط والحرارة والكثافة ، وذلك بفرض ان الغاز يتكون من جسيمات سريعـــة الحركة ٠ الا أنهـم لتسـهيل معـالجة الموضوع رياضيا افترضوا أن كل جسيمات الغـــاز تتحرك بنفس السرعة ٠ وقد وجد ماكسويل أن هذا الفرض لا يمكن قبوله ، وذلك لأن التصادم بين الجسـيمات لابد أن يعطيهـا سرعات مختلفة ٠ فاذا كان لعلم الغازات أن يتطـور عـــلى « أسس ميكانيكية سليمة » فلابد ، كما قال ، من أخذ هـــذا العامل فى الاعتبار ، ولابد من ادخاله فى المعادلات الرياضية التى تعالج قوانين حركة الجسيمات ٠

وأخـذ ماكسـويل فى دراسـة رياضية لمجمـوعة من الجسيمات المتصادمة باعتبارها « كريات صغيرة صلدة وتامة المرونة لا تأثير لاحداها على الأخرى الا فى أثناء التصادم» ٠ ولما لم يكن من الممكن تناول هذه الجزيئات الكثيرة منفردة كل على حدة ، فقد أدخل الطريقة الاحصائية فى تناولها ، فافترض أن توزيع السرعات بين جزيئات الغاز انما يتبع المنحنى الشهير لتوزيع الذبذبات ، والذى يشبه الجرس فى شكله ، والذى ينطبق أيضا على كثير من الظواهر مثل عـــدد الاصابات التى تصيب هدفا ما ، الى توزيع أطوال الرجال بين مجموعات مختلفة منهم ٠ وهكذا ، فانه فى الوقت الذى قد لا نستطيع فيه تحديد سرعة جزىء واحد منفرد نستطيع وصف سرعة مجموعة من الجزيئـــات ٠ وعنـــدما اسـتطاع ماكسويل اعطاء وصف كمى لسرعات جزيئات الغاز ، أمكنه التوصل الى معادلة دقيقة لضغط الغاز ٠ ومن العجيب أن

هذه المعادلة لم تختلف عن المعادلة الأخرى التي بنيت على أساس أن لجميع جزيئات الغاز سرعة واحدة ، ولكن أمكن في النهاية التوصل الى النتيجة السليمة عن طريق التفكير الأسلم . كما أمكن ، بفضل تعميم ماكسويل وبراعته الرياضية ، استخدام وسائله في جميع فروع الفيزياء تقريبا .

ثم أخذ ماكسويل في دراسة عامل آخر كان لابد من تحديده نظرا لأهميته بالنسبة للصياغة الدقيقة لقوانين الغازات ألا وهو : المسافة التي يسيرها الجزيء ، في المتوسط ، بين كل تصادمين ، أي متوسط مساره الحر . وفكر أن متوسط المسار الحر للجزيئات لأي غاز يمكن قياسه بوساطة لزوجة الغاز ، فاذا افترضنا أن الغاز يتكون من مجموعات من الجزيئات ذوات السرعات المختلفة والتي تنزلق كل مجموعة منها فوق الأخرى ، بحيث يتولد عن هذا احتكاك ، فانه سينتجم عن هذا لزوجة الغاز . وعلى هذا يرتبط متوسط المسار الحر للجزيئات بلزوجة الغاز على النحو التالي : تصور طبقتين من الجزيئات تنزلقان الواحدة فوق الأخرى ، فاذا سار جزيء مارق من طبقة لأخرى مسافة قصيرة قبل اصطدامه بجزيء آخر ، فان الجسيمين لا يتبادلان الكثير من العزم ، وذلك لأن فرق السرعة بين الطبقتين ، قرب الحدود الفاصلة بينهما يكون ضئيلا . ولكن اذا اخترق الجزيء مسافة طويلة في الطبقة الأخرى قبل اصطدامه بجزيء آخر ، فان مفاضل السرعة يكون أكبر ؛ وبذلك يكون تبادل العزم بين الجزيئين المتصادمين أكبر كذلك . وهذا الاستنتاج يعني أن الغاز الذي له لزوجة عالية يجب أن يكون لجزيئاته متوسط مسار حر أطول . وبذلك استنتج

ماكسويل الحقيقة التى قد تبدو محيرة وهى أن لزوجة الغاز لا تعتمد على كثافته ، وذلك لأن زيادة احتمال التصادمات فى غاز كثيف تنقضها حقيقة أنه فى مثل هذا الغاز لا ينتقل الجزىء طويلا فى طبقة أخرى قبل أن يصطدم بجزىء آخر • ولايجاد توازن ، اذن ، لابد أن يبقى العزم المنقول عبر وحدة المساحات فى الثانية ثابتا بغض النظر عن الكثافة •

وبذلك وضع ماكسويل تصميما ميكانيكيا للغاز باعتباره مجموعة من الجسيمات المزدحمة « تحمل معها كميات حركاتها وطاقاتها » ، تسير مسافات معينة ، تصطدم ، تغير حركتها ، تستأنف سيرها • وهكذا • وهكذا أمكن بوساطة هذ الصورةالتى أعطاها ماكسويل للغاز التوصل الى تعريفات كمية دقيقة للخواص المختلفة للغازات ، ألا وهى : اللزوجة والانتشار وحرارة التوصيل • وكان هذا العمل انتصارا علميا من الدرجة الأولى • وقد وجه الكثير من النقد الى هذا النموذج على أساس أن جزيئات الغاز ليست صلدة ولا هى تامة المرونة ، مثل كرات البلياردو ، كما أن تأثيرها بعضها على البعض الآخر لا يقتصر على وقت التصادم • ومع كل هذا ، وبالرغم من كل هذه النقائص والأخطاء فى هذا النموذج ، فان النتائج التى وصفها سير جيمس جينز بأنها « لابد أن تكون ممعنة فى الخطأ » قد أثبتت أنها صحيحة للغاية ، ومازال قانون ماكسويل عن سلوك الغازات مستعملا ليومنا هذا •

كان عالم الفيزياء الألمانى لودفيج بولتزمان ، الذى أدرك مغزى وأهمية هذه الكشوف ، قد بدأ فى تنقيح وتعميم

برهان ماكسويل ، وأوضح أن توزيع ماكسويل للسرعات انما هو الاحتمال الوحيد الممكن لحالة التوازن فى الغاز . وحالة التوازن هذه ، كما أدركها كلا الرجلين ، انما هى الشرط الحركى الحرارى لحالة الأنتروبى أو درجة استعادل العظمى ، أى حالة الاضطراب الكبرى ، التى تصبح فيهـا كمية الطاقة الصالحة لاعطاء شغل مفيد أقل ما يمكن .

وأدى مفهوم درجة التعادل بماكسويل الى اكتشـاف احدى صور العلم الحديث الشهيرة وهى صـورة « الجنيـة الفارزة » . ان الأنتروبى المتزايد هو مصير الانسان ؛ لأننـا لسنا على قدر كاف من الذكاء . ولـكن الجنيـة قد وهبت القدرة على فرز جسيمات الغاز البطيئة الحركة وفصلها عن الجسيمات السريعة ، وبذلك تحيل الفوضى الى نظام . كما تحول الطاقة غير النافعة أو التى ليست فى متناول اليـد الى طاقة نافعة تحت التصرف . وقد تصور ماكسويل احـدى هذه الجنيات الصغيرة الذكية « تتحكم فى باب يتحرك دون ما احتكاك ، ويفصل بين جزءين من اناء ملىء بالغاز . فاذا تحرك جزىء سريع الحركة من اليسار الى اليمين ، تفتح الجنية الباب ، ولكن عندما يقترب جزىء بطىء الحركة فانها تغلق الباب . وبذلك تتراكم الجزيئات السريعة الحركة فى الجزء الأيمن من الاناء ، والجزيئات البطيئة الحركة فى الجـانب الأيسر . وبذلك ترتفع درجة حرارة الغاز فى الجزىء الأول على حين يبرد الغاز الذى فى النصف الثانى» . وبذلك تحبط الجنية القانون الثانى من قوانين الديناميـكا الحـرارية . ويقال ان الكائنات الحية تستطيع أن تقوم بمثل هذه العملية اذ يقول اروين شرودينجر ، انها تمتص الأنتروبى السلبى

من بيئتها على هيئة الغذاء الذى تأكله والهواء الذى تستنشقه ٠

وكان كل من ماكسويل وبولتزمان ، وهما يعملان منفصلين ولكن فى منافسة هادئة ، قد حققا تقدما ملموسا فى شرح وتفسير سلوك الغازات بوساطة الميكانيكا الاحصائية ٠ ولكن قابلتهما بعد مضى بعض الوقت ، عقبات كؤود ٠ فهما لم يتمكنا ، مثلا ، من وضع معادلات نظرية دقيقة للحرارة النوعية لبعض الغازات (الحرارة النوعية هى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الغاز درجة واحدة مئوية) ٠ والتفسير الصحيح لما قابلهما من عقبات لا يمكن أن تقدمه سوى نظرية الكمات التى ظهرت فيما بعد ، وهى النظرية التى أوضحت أن دوران الجزيئات حول نفسها وذبذبتها انما تأخذ قيما محددة ٠ ولكن لم يكن لنظرية الكمات ولا للنظرية النسبية ولا لغيرها من سبل الفكر التى أدت الى ثورة فى علم الفيزياء فى القرن العشرين ، لم يكن لكل هذا أن يأخذ مكانه ويظهر لولا الجهود الرائعة لهذين العالمين فى تطبيق الوسائل الاحصائية فى دراسة الغازات ٠

فى فبراير عام ١٨٥٨ ، كتب ماكسويل لعمته الآنسة كاى يقول : « أكتب اليك هذه الرسالة لأخبرك بأننى سوف أتخذ لى زوجة » ٠ ثم أضاف : « ولكن لا تخافى ، انها ليست متخصصة فى الرياضيات ؛ ولكنها تتصف بصفات أخرى ، ومن المؤكد أنها لن توقف جهودى فى الرياضيات » ٠ كانت عروسه هى كاترين مارى ديوار ابنة عميد كلية ماريشال ٠ وكان زواجهما موفقا وثيق العرى ، فكانا يتمتعان بالاشتراك فى كثير من الأعمال ، مثل ركوب الخيل والقراءة

والترحال ، كما وجد لها عملا نافعا له فى تجاربه العلمية • ولم ينجبا أطفالا ولكن هذا زاد من تعاطفهما وحبهما وتفانيهما •

وفى صيف عام ١٨٦٠ انتقل ماكسويل الى لندن لكى يعمل استاذا للفلسفة الطبيعية فى كلية الملك ، وبقى بها مدة خمسة أعوام • وقد أتاح له سكنه فى لندن فرصة التعرف الى فاراداى ، الذى لم يكن يعرفه الا عن طريق المراسلة ، كما أتاح له التعرف الى غيره من العلماء • ولم يكن ماكسويل ممن يحبون العزلة ، فقد كتب الى صديقه ليتشفيلد يقول : « ان العمل والقراءة من الأشياء الطيبة ولكن الأصدقاء أفضل منهما » • وبالرغم من مشاغل ماكسويل الاجتماعية وعمله المرهق فى التدريس بالكلية ، فان السنوات الخمس التى قضاها فى لندن كانت من أخصب سنى حياته • وقد واصل فيها أبحاثه عن الغازات ، ففى الغرفة الواسعة الواقعة فى الطابق الأعلى بمنزله بحى كنسنجتون عين لزوجة الغازات وحصل على البيانات العملية التى أيدت نظرياته العلمية • (وكان يوقد نارا حتى فى أشد أيام القيظ؛ لكي يحافظ على درجة حرارة الغرفة ثابتة ، كما كان يضع الغلايات فوق النار لكي يملأ بخارها الغرفة • وكانت مسز ماكسويل تعمل وقادا) • ولكن بحوثه الرئيسية كانت فى نظرية الكهرباء ، وهى البحوث التى كان قد تركها ردحا من الزمن ثم عاد اليها •

★★★

كانت تجارب فاراداى قد توجت بحوثا استمرت قرنا من الزمان (وهى بحوث قام بها كولوم وأورستد وأمبير

وغيرهم) وكانت هذه البحوث قد أثبتت كثيرا من الحقائق عن الكهرباء وعلاقتها بالمغناطيسية ، فقد أوضحت أن الشحنات الكهربية تتجاذب وتتنافر حسب قانون الجاذبية (أى أن هذا الجذب أو التنافر يتناسب طرديا مع حاصل ضرب الشحنتين وعكسيا مع مربع المسافة بينهما) ؛ كما أوضحت أن التيار يولد مجالا مغناطيسيا ، وأن المغناطيس المتحرك يولد تيارا ؛ وأن تيارا كهربيا فى احدى الدوائر يولد تيار حث فى دائرة كهربية أخرى ٠

وكان انتباه ماكسويل فى ذلك الوقت موجها الى محاولة تفسير هذه الظواهر ٠ ما المجال ؟ وكيف تؤثر الكهرباء والمغناطيسية خلال الفضاء ؟ وكان فاراداى قد اقترح مفهوما جديدا للاجابة عن هذه الأسئلة ، وكانت أفكار فاراداى هذه هى التى أثارت شغف ماكسويل ٠

كان معظم علماء الفيزياء النظرية قد حاولوا المقارنة بين الكهرباء والجاذبية وسعوا لتفسير هذه الظواهر بوساطة نظرية « العمل من بعيد » ٠ كانوا يتصورون أن أية شحنة (أو كتلة) عند نقطة ما فى الفضاء تؤثر بشكل غامض فى شحنة (أو كتلة) عند نقطة أخرى ، دون أية علاقة أو رابطة من أى نوع بين الشحنتين (أو الكتلتين) ٠ ولكن فاراداى ، لكى يفسر الكهرباء ، افترض وجود نظام ميكانيكى ، وزعم أن التأثير الكهربى والمغناطيسى انما يتم خلال خطوط للقوى تنتشر فى الفضاء ، وهى ليست مجرد خطوط للقوى وهمية ، ولكنها خطوط فيزيائية واقعية لها خواص الشد والتنافر والحركة وغيرها ٠

وقد لخص ماكسويل الاختلاف بين وجهتى النظر بشكل رائع حين قال : « على حين كان فاراداى يرى بعين خيـاله خطوطا للقوى تعبر الفضـاء كله ، كان الرياضيون يرون مراكز للقوى تؤثر من بعد ؛ وعـلى حين كان فاراداى يرى وسطا لم يروا الا المسافة ، وعلى حين كان فاراداى يبحث عن أصل الظواهر فى عمل واقعى يحـدث فى الوسـط ، كانوا مقتنعين أنهم وجدوا أساس هذه الظواهر فى قوة العمل من بعد وتأثيرها على السائل الكهربى » ٠

كان ماكسويل مؤمنا بمفهوم فاراداى ، ولذلك فقـد أخذ على عاتقه تطويره وتنميته ٠ وفى أول بحث له « حول خطوط القوى لفاراداى» حاول تصور نموذج يحيط بخطوط فاراداى ، ويمكن التعبير عن سلوكه بالمعادلات والأرقام ٠ وهو لم يدع أن النموذج يمثل واقع الأحوال ، ولكنـه كان يشعر أنه من المهم « أن نلم بمفهوم فيزيائى واضح ٠ دون أن نرتبط بأية نظرية مبنية على العلوم الفيزيائية نستمد منها ذلك المفهوم » ولعل هذه الوسيلة تجنب الباحث سـبلا قد تؤدى به الى أشياء مجردة أو « تقودنا بعيدا عن الحقيقة نتيجة لوجود افتراض مستحب » ٠

وقد افترض ماكسويل أنموذجا هيدروديناميكيا أدخل فيه خطوط فاراداى للقوى على هيئة « أنابيب للتدفق » تحمل سائلا غير قابل للضغط مثل الماء ٠ ويمثل السائل المتحرك فى الأنابيب الكهرباء فى حركتهـا ؛ ويعبر شـكل الأنابيب وقطرها عن قوة التدفق واتجاهه ، وتتكافأ سرعة السائل مع القوة الكهربية ، ويمكن مقارنة اختـلافات ضغط السـائل

باختلاف الجهد الكهربى ، وعندما ينتقل الضغط من أنبوبة لأخرى بوساطة سطوح الانابيب المرنة ، فان هذا يشبه التأثير الكهربى • وبتطبيق المعادلات المعروفة للهيدروديناميكا على مثل هذا الأنموذج، استطاع ماكسويل تفسير كثير من الشواهد المتعلقة بالكهرباء •

كان هذا بحثا رائعا ، عبر فاراداى عن تقديره له عندما كتب لماكسويل قائلا : « لقد خفت اول الامر عندما وجدتك تعالج الموضوع بهذه القوة الرياضية ، ولكن تملكني العجب عندما رايت نجاحك فى معالجة الموضوع » ولكن الباحثين الاخرين لم يروا فى هذا البحث كل ذلك النجاح • لقد كان يكتنف الكهرباء ما يكفيها من الغموض ولم تكن فى حاجة الى اضافة أنابيب السوائل غير القابلة الضغط • ولكن ماكسويل ، وقد اعتاد أن يوصف بأطواره الغريبة لم يأبه بهذا واستمر فى تطوير آراء فاراداى وأفكاره •

★★★

أما البحث الثانى العظيم لماكسويل فكان « حول خطوط القوى الفيزيائية » • وقد نشره بعد عودته الى دراسة موضوع الكهرباء فى لندن • وفى هذا البحث وضع تصميما لأنموذج آخر اكثر تكاملا ؛ لكى يفسر به تأثيرات الكهرباء الاستاتيكية ، وكذلك لتفسير التجاذب المغناطيسى والتأثير الكهربى المغناطيسى • وفى هذا الأنموذج الجديد اعتبر أن « الزوبعات الجزيئية » التى تدور فى الفضاء انما هى العوامل التى تولد المجالات المغناطيسية • ويمكن تصور الزوبعة الجزيئية على أنها أسطوانة رفيعة تدور حول خطوط

القوى المغناطيسية · ويرتبط عاملان ميكانيكيان بهذه الاسطوانات وهما : الشد فى اتجاه خطوط القوى، والضغط الجانبى الناشيء من القوة الطاردة المركزية الناتجة عن دوران الأسطوانات · وارتباط هذين العاملين ميكانيكيا يولد الظواهر المغناطيسية · ان المغناطيسية عبارة عن قوة تؤثر فى اتجاه المحور كما تؤثر من المحور الى الخارج ·

واصل ماكسويل جهوده لكى يوضح كيف أن هذا الأنموذج العجيب قد يفسر تولد المجال المغناطيسى بوساطة تيار كهربى، وكذلك تولد تيار كهربى بوساطة مجال متغير، فافترض أولا أن المجال المغناطيسي الموحد يتكون من جزء من الفضاء ملىء بأسطوانات تدور بنفس السرعة وفى نفس الاتجاه « حول محاور تكاد تكون متوازية » · ولكنه سرعان ما أدرك أن تقارب الأسطوانات لا يجعلها تدور بنفس السرعة وفى نفس الاتجاه « حول محاور تكاد تكون متوازية » · ولكنه سرعان ما أدرك أن تقارب الاسطوانات لا يجعلها تدور فى نفس الاتجاه فكلنا يعلم بأن دوران اسطوانة أو عجلة فى اتجاه ما يؤدى الى دوران العجلة المجاورة لها فى الاتجاه المضاد · وهنا خطرت لماكسويل فكرة رائعة · اذن ، لابد من وجود كرات صغيرة ، مثل طبقات رمان البلى، بين الأسطوانات (أطلق ماكسويل على هذه الكرات اسم « العجلات الخاملة »)، وبذلك أمكن أن تدور الأسطوانات فى نفس الاتجاه ·

وهنا ، كوفىء ماكسويل على نبوغه اذ أدرك أن هذه الكرات يمكن أن تلعب دورا آخر ذا قيمة أكبر · لماذا لا تمثل هذه الكرات الجسيمات الكهربية ؟ وبذلك يمكن

تصور وفهم كثير من الظواهر الكهربيـة بدراسـة الحركة الميكانيكية لهذه الكرات ٠

ولنضرب الامثلة التالية : عندما تدور الاسطوانات فى مجال مغناطيسى غير متغير ، فان معدل دورانها يظل ثابتا ، وتحافظ الكرات الصغيرة الدائرة على اوضاعها ، ولا تتدفق الجسيمات ولا يتولد تيار كهربى ٠ ولكن اذا حدث تغيير فى القوة المغناطيسية ، فان هذا يعنى حدوث تغيير فى سرعة دوران الأسطوانات ٠ وكلما زادت سرعة كل أسطوانة ، فان هذه الزيادة فى السرعة تنتقل الى الاسـطوانة المجـاورة وهكذا ٠ ولكن لما كانت سرعة دوران كل اسطوانة تختلف عن سرعة الأسطوانة المجاورة ، فان هذا يؤدى الى انتزاع الكرات الموجودة بينها من مواضعها ٠ وهـذه الحـركة الانتقاليـة للكرات أو للجسيمات تمثل التيار الكهربى ٠

وهنا يتخذ هذا الأنموذج لنفسه حياة خاصة ٠ فبعد أن كان قد صـمم أولا لتفسـير تولد التيارات الكهربيـة من التغيرات المغناطيسية ، اذا به يوحى لماكسويل تفسيرا لتولد المغناطيسية من تغير القـوة الكهربيـة ٠ ولنفترض الآن أن الكرات والأسطوانات فى حالة سكون ٠ فاذا أثرت قوة ما فى الـكرات الكهربيـة ، ودفعتها للحـركة ، فان أسـطوانات المغناطيسية الملتصقة بها سوف تأخـذ فى الدوران ، مولدة بذلك قوة مغناطيسية ٠ ويصمد هذا الأنموذج كذلك أمام التفاصيل ٠ ولنأخذ مثالا واحدا على ذلك ٠ ان دراسـة أنموذج ماكسويل تبين أن : الأسطوانات تدور فى الاتجـاه العمودى لحركة الـكرات ، وبذلك يفسر ما شـوهد من أن

المجال المغناطيسى يعمل فى اتجاه عمودى على اتجاه سريان التيار الكهربى !

ولقد كتب ماكسويل عن أنموذجه هـذا فقال : « انتى لا اقدم هذا الأنموذج باعتباره حقيقة واقعة في الطبيعـه ولكنه انموذج يعطى تفسيرا ميكانيكيا يمكن دراسته بسهوله للعلاقات بين الظواهر الكهربية والمغناطيسية المعروفة » . ومن بين هذه العلاقات الميكانيكية الاخرى التى أمكن لماكسويل ان يفسرها ، التنافر الكهربى بين سلكين متوازيين يحملان تيارين فى اتجاهين متضادين (حيث أرجع ذلك الى الضغوط الطاردة المركزية ؛ للأسطوانات الدائرة ؛ على الجسـيمات الكهربية فى الأنمـوذج) ، وكذلك فسر تيـارات الحث (نتيجة لانتقال سرعة الدوران من أسطوانة الى أخرى) .

ولم يترك ماكسويل أنموذجه عند ذلك الحد ، اذ كان على هذا الأنموذج أن ينجح فى الامتحان الأكبر : وذلك اذا أعطى تفسيرا ميكانيكيا لنشأة الموجات الكهربية المغناطيسية . وهنا يجدر بنا أن نتجه لدراسة موضوع المكثفات والعوازل، اذا رغبنا فى أن نلم بهذا الموضوع .

كان فاراداى ، فى أثناء اجرائه لتجاربه ، قد توصـل الى حقيقة عجيبة ، وهى أن نوع العازل المستخدم فى المكثف يؤثر تأثيرا كبيرا فى اختلاف سعة المكثف وقدرته على احتواء الشحنة . وكان من الصعب اعطاء تفسير لهذه الظاهرة طالما كانت العوازل متساوية فى عدم سماحها للتيارات الكهربيـة بالمرور . ولكن ماكسويل ، وبفضل أنمـوذجه ، أمكنـه أن يقدم افتراضا جريئا يقول ان الجسيمات الكهربية لا تستطيع

أن تتحرك بحريتها من أسطوانه لاخرى في المواد العازلة ، ومن ثم لا يسرى تيار كهربي • غير أنه كان من المعلوم أن « ظواهر كهربية محلية » تحدث في هذه النوازل • ولذلك، فقد افترض ماكسويل أن هذه الظواهر ان هي الا تيارات من نوع خاص ، فعندما تؤثر قوة كهربية على جسم عازل ، فان جسيمات الكهرباء تتزحزح ولكنها لا تنفرط : انها تتصرف كما لو كانت سفينة ألقت مراسيها في بحر متلاطم، تحركها الرياح حول مرساها في مسافة محددة ، والى الحدالذى تتعادل فيه قوة الدفع مع قوة شدها الى المرساة • وتتحرك الكرات الكهربية مسافات محددة حيث تتعادل قوة الدفع مع مقاومة الأسطوانات المرنة • وبمجرد أن تتوقف القوة الدافعة ترتد الجسيمات الى أماكنها الأصلية • وعندما يرتد الجسيم فانه لا يصل الى موضعه الاصلى بل يتمداه ، ثم يأخذ في الذبذبة حول هذا الموضع الاصلى • وهكذا تنتقل هذه الذبذبة خلال العازل على هيئة موجة • وهكذا يسرى تيار ازاحى لفترة قصيرة ، وذلك لأن الموجة ان هي الا التيار • واذا تغيرت القوة الكهربية المؤثرة على العازل بشكل مستمر، تولدت موجة ازاحية متغيرة باستمرار ، أى تولد تيار مستمر •

وعلى اثر ذلك : توصل ماكسويل الى نتيجة تعتبر من النتائج الفاصلة وتتناول العلاقة بين سرعة الموجة الازاحية أو التيار ، وسرعة الضوء • وهنا علينا أن نعود الى أبحاث عالمي الفيزياء الألمانيين ويلهلم فيبر وفردريك كوهلراوش عن العلاقة بين قوة الكهرباء الاستاتيكية وقوة الكهرباء الديناميكية • وكانت وحدة شحنة الكهرباء الاستاتيكية تعرف بأنها التنافر الذى يحدث بين وحدتين من الشحنات المتماثلة

بينهما وحدة المسافات • أما وحدة شحنة الكهرباء الديناميكية فانها تعرف بأنها التنافر الذى يحدث بين طولين معينين من سلكين يحملان تيارين كهربيين ، « ويمكن تعيينهما بكمية الشحنة التي تمر عبر أية نقطة في وحدة الزمن » •

ولايجاد مقارنة بين التنافر بين الشحنات الاستاتيكية والتنافر بين الشحنات المتحركة ، كان لا بد من ادخال ثابت للتناسب ، وذلك لاختلاف الوحدات • وقد وجد أن هذا الثابت انما يمثل سرعة ، وذلك لأن طول السلك ثابت ، وعدد وحدات الكهرباء التى تمر بنقطة معينة يمكن قياسه ، ولذلك فعلى الباحث أن يأخذ فى الاعتبار الطول مقسوما على الزمن وهذا يعنى السرعة • ولقد وجد فيبر وكوهلراوش أن سرعة انتقال الكهرباء عبر سلك جيد التوصيل تقرب من ٣×١٠^١٠ سنتيمتر فى الثانية • وكانت هذه مصادفة عجيبة لأن هذا الرقم يكاد يقارب تماما سرعة الضوء التى سبق تعيينها قبل ذلك ببضع سنوات •

وهنا تابع ماكسويل هذه المصادفة وأيد أولا نتائج فيبر وكوهلراوش • مستخدما ميزان لى لمقارنة التنافر بين شحنتين استاتيكيتين وكذلك بين سلكين يحملان تيارين كهربيين ، كما عين فى نفس الوقت سرعة التيارات الازاحية فى ثنائى التكهرب (أو الجسم العازل) • وجاءت النتائج متطابقة الى حد كبير • وبمعنى آخر فان التيارات الكهربية فى الموصلات الجيدة ، والتيارات الازاحية فى الأجسام العازلة ، والضوء فى الفضاء (وهو بالطبع جسم عازل) انما تنتقل كلها بنفس السرعة • وعندما توصل ماكسويل الى هذا البرهان لم يتردد فى تأكيد وجود الشبه بين هذه

الظواهر وهي التحركات الكهربية والضوء . وقال : « اننا لا نستطيع أن نتجنب هذه النتيجة وهي أن الضوء يتكون من تموجات مستعرضة في نفس الوسط الذى يسبب الظواهر الكهربية والمغناطيسية » .

وكان على ماكسويل بعد ذلك أن يطور أنموذجه ، ففى بحثه « نظرية ديناميكية للمجال الكهربى المغناطيسى » الذى نشره عام ١٨٦٤ ، كشف عن البناء الذى كان قد وضع تصميمه . وكما قال سير ادموند هوتيكر : « لقد أزال السقالات التي ساعدته في أول الأمر على بناء أنموذجه » ، فقد اختفت الجسيمات والأسطوانات ؛ وحل محلها المجال والأثير ، وهو نوع خاص من « المادة المتحركة يتولد عنها ما نشاهده من الظواهر الكهربية المغناطيسية » . وللمادة التى يتكون منها الأثير خواص عجيبة . انها غاية في الدقة وقادرة على اختراق الأجسام ، انها تملأ الفضاء بوسط مرن ؛ انها مركبة من « التموجات الضوئية والحرارية » .

ومع كل ما يمتاز به الأثير من البراعة والمهارة والدقة فانه لا يقل في تركيبه الميكانيكي عن الأسطوانات والكرات . فهو يتحرك ، وينقل الحركة ويتشكل بمرونة ، ويختزن الطاقة الكامنة (الميكانيكية) ويطلقها عندما تزول عنه الضغوط التى تسبب تغير شكله . وهو باعتباره تركيبا ميكانيكيا ، كما قال ماكسويل : « يجب أن يخضع للقوانين العامة للديناميكا ، ويجب علينا أن نكون قادرين على معالجة كل آثار حركته ، على شرط أن نعرف العلاقة بين حركات أجزائه المختلفة » . وقد أخذ على عاتقه مهمة حل هذه المسائل فتوصل الى المعادلات الماكسويلية الشهيرة عن المجال الكهربى المغناطيسى . ولقد ظهرت هذه المعادلات في شكلها

النهائي في كتابه عن الكهرباء والمغناطيسية الذى يجمع نتائج آرائه وأفكاره وتجاربه خلال عشرين عاما ٠

بنى ماكسويل هذه المعادلات على قواعد أربع وهي : (١) اذا أثرت قوة كهربية في موصل ، تولد تيار يتناسب مع هذه القوة ، (٢) اذا أثرت قوة كهربية على جسم عازل تولدت ازاحة تتناسب مع هذه القوة ؛ (٣) يولد التيار الكهربي مجالا مغناطيسيا عموديا على اتجاه مرور التيار ويتناسب مع شدته ، (٤) يولد المجال المغناطيسي المتغير قوة كهربية تتناسب مع شدة المجال ٠ وهناك تشابه وتناسق عجيب بين القاعدتين الثالثة والرابعة ٠ والقاعدة الثالثة ، هى قانون فاراداى للتأثير الكهربى المغناطيسي ، وحسب هذه القاعدة فان « معدل تغير عدد خطوط التأثير المغناطيسي التي تمر خلال دائرة كهربية يساوى الشغل المبذول فى نقل وحدة الشحنة الكهربية حول هذه الدائرة » ٠ أما قانون ماكسويل المكمل لهذا ، وهو القاعدة الرابعة ، فانه يقول ان : « معدل التغير في عدد خطوط القوة الكهربية التي تمر خلال دائرة كهربية يساوي الشغل المبذول فى نقل وحدة القطب المغناطيسى حول هذه الدائرة » ٠

وعلى هذا الأساس يمكن وضع معادلتين متناسقتين احداهما تعبر عن الطبيعة المستمرة للمجالات الكهربية والمغناطيسية ، والأخرى توضح كيف أن التغيرات فى أحد المجالين تؤدى الى تغيرات فى المجال الآخر ٠

كيف ، اذن ، يدخل مفهوم المجال فى هذه النظرية ؟ لقد تتبعنا ماكسويل عندما نزع عن أنموذجه الجسيمات والأسطوانات واختزله الى وسط أثيرى ٠ وهو الآن يكاد ينزع عن الوسط كل صفاته فيهنا عدا الشكل ٠ ان جميع

صفاته قد أصبحت هندسية بحتة . وما هذا الا مثال كامل للتجريد الرياضي .

ان الأثير ما هو الا شيء يرتجف اذا ما وخز ، ولكنه لا يتأتى فعلا من ذاته . ويتكون المجال الكهربي المغناطيسي من نوعين من الطاقة هما : طاقة كهربية استاتيكية أو كامنة ، وطاقة كهربية ديناميكية أو طاقة حركة ، ويمكن تصور الأثير : باعتباره مكثفا كونيا ، على انه يختزن الطاقة، وفي هذه الحالة ، ولأنه مرن ، فان شكله يتشوه . ولما كان الاثير يملأ الفضاء كله ، فاننا لا نجد فارقا سواء تناولنا تيارا حاثا او تيارا ازاحيا ؛ فالأثير في كلا الحالين يأخذ في الحركة . وهذه الحركة تنتقل ميكانيكيا من أحد أجزاء الوسط الى الجزء التالى له حيث ندركها نحن على هيئة حرارة أو ضوء أو قوة ميكانيكية (مثل التنافر بين الأسلاك) او على هيئة اية ظاهرة مغناطيسية أو كهربية أخرى . ان القاعدة التى تحكم كل هذه الظواهر ، هى قاعدة الشغل الأقل . هذا هو القانون الاكبر للطبيعة الشحيحة (ان كل شغل فى أى جسم انما يبذل بأقل ما يمكن من الطاقة) وكان هم ماكسويل الأكبر أن تنطبق هذه القاعدة على الظواهر الكهربية والا استحال تفسيره الميكانيكي لهذه الظواهر .

★★★

فاذا أخذنا هذه النقاط في اعتبارنا ، أمكننا أن ندرس مجموعة من معادلات ماكسويل التى تصف سلوك المجال الكهربي المغناطيسى فى الفضاء الخالى . وفى هذه الحالة لا توجد موصلات أو شحنات طليقة ، وينشأ المجال من منطقة أخرى في الفضاء .

والمعادلة الأولى هى :

انفراج ك = صفر

وتمثل ك قوة المجال الكهربى ، الذى يتغير بتغير الزمان والمكان . وهذه المعادلة تمثل عملية رياضية تعطى معدل التغير . وتعنى هذه المعادلة أن عدد خطوط القوة الكهربية (التى تمثل قوة المجال) التى تدخل أى حجم ضئيل فى الفضاء لابد وأن يساوى عدد خطوط القوى التى تغادر المكان . أى أن معدل التغير فى عدد خطوط القوى يساوى صفرا ، لأنها لا تخلق ولا تفنى .

والمعادلة الثانية هى :

انفراج م = صفر

حيث تمثل م المجال المغناطيسى ، وتعطى هذه المعادلة نفس المفهوم السابق ولكن عن المجال المغناطيسى .

والمعادلة الثالثة هى :

$$\text{دوران ك} = -\frac{1}{\text{س}} + \frac{\text{دم}}{\text{دز}}$$

وهذه المعادلة التى وضعها ماكسويل تمثل قانون فاراداى عن الحث ، وهى تصف ما يحدث فى مجال مغناطيسى متغير .

أما $\frac{\text{دم}}{\text{دز}}$ فانها تعبر عن معدل تغير المجال المغناطيسى .

فالمجال المغناطيسى المتغير يولد مجالا كهربيا ، وهذه الحقيقة يعبر عنها الجزء الأيمن من المعادلة . والمعادلة ليست مجرد تحليل ، انها تعطى صورا واقعية عما يحدث . فلنفترض وجود مجال مغناطيسى منتظم فى منطقة ما من الفضاء ، فان

حزمة من الخطوط المتوازية تمثل شدة المجال واتجاهه • فاذا تغير المجـال (بالحركة أو بزيادة أو انخفاض قوته) ، فانه يولد مجـالا كهربيا يؤثر في دائرة حـول خطوط القـوى المغناطيسية ، والشغل المبذول في تحريك وحـدة الشـحنة الكهربية حول هذه الدائرة • فاذا كانت الدائرة عبارة عن سلك كهربي فان الخطوط المغناطيسية المتغيرة تؤدى الى مرور تيار ، ولكن حتى بدون وجود سلك فانها تؤدى الى وجـود قوة • فاذا قسمنا هذه القوة على المساحة المحصورة بالدائرة فان هذا يعطينا القوة الدافعة الكهربية (لوحدة المساحات) التي تدور حول الدائرة • فاذا تصورنا أن الدائرة أخذت تصغر رويدا رويدا الى ان تنكمش فتصبح نقطة أ • بهـذه الطريقة نحصل على القيمة الحدية للقوة الدافعة الكهربيـة لوحدة المساحات وهي : دوران ك عنـد أ • وبهـذا تدلنا المعادلة على أن القيمة الحدية للقوة الدافعة الكهربية لوحدة المساحات تساوى معدل تغير م عند النقطة أ ، مضروبة في الكسر الضئيل السالب $-\frac{1}{س}$ • و س هنا ترمز الى نسبة وحدة الكهرباء الاستاتيكية الى وحدة الكهرباء المغناطيسية ، اذ يلزم هنا أن نحول ك (وهي ظاهرة كهربية استاتيكية) و م (وهي ظاهرة كهربية ديناميكية) الى نفس النظام من الوحدات • وتبين المعادلة كيف استطاع ماكسويل أن يربط بين الظاهرتين الكهربية والمغناطيسية وبين سرعة الضوء • وذلك لأن س ما هي في الحقيقة الا سرعة الضوء •

والمعادلة الأخيرة هى :

$$\text{دوران م} = \frac{\text{أ}}{\text{س}} \times \frac{\text{دك}}{\text{دز}}$$

وهى تبين أنه فيما عدا التغير فى العلامة الجبرية (وهى تدل على اتجاه المجال) ، فان دوران ك و م فى المعادلة السابقة يمكن عكسهما . فعند أية نقطة وفى أية لحظة تساوى القوة المغناطيسية لوحدة المساحات التى تولدت عن مجال كهربى متغير ، تساوى معدل تغير المجال الكهربى مع الزمن مضروبا فى كسر ضئيل موجب هو $\frac{1}{\text{س}}$. والآن فان معدل التغير هذا ما هو الا تيار الازاحة لماكسويل . ولما كانت التغيرات تحدث فى الجسم العازل المعروف بالفضاء ، فان التيارات الوحيدة التى يمكن أن تسرى انما هى تيارات ازاحية . وكان يظن قبل ماكسويل أن المجال المغناطيسى يمكن أن يتولد فقط بوساطة تيارات تسرى فى أسلاك . ولكن الفضل كان لاكتشاف ماكسويل العظيم ، الذى استنتجه ميكانيكيا من أنموذجه ، والذى عبر عنه رياضيا فى هذه المعادلة ، اذ مكننا من أن ندرك أن مجالا كهربيا متغيرا مع الزمن يولد قوة مغناطيسية حتى فى جسم عازل أو فى الفضاء .

وطبقا لنظرية ماكسويل ، فان ادخال قوة كهربية متغيرة مع الزمن فى الجسم العازل تولد موجات ازاحية تتحرك بسرعة الضوء . وهذه الموجات الدورية من الكهرباء الازاحية تصحبها قوة مغناطيسية دورية . وتتكون الموجة من ذبذبات كهربية عمودية على إتجاه الازاحة الكهربية . ومجموع هذه الحركات هو ما يسمى الموجة الكهرومغناطيسية

وموجة الضوء (وهى موجة ازاحية) ، كما أوضح هنرى بوانكاريه فيما بعد ، ان هى الا « سلسلة من التيارات المتغيرة ، تسرى فى الجسم العازل ، أو فى الهواء ، او فى الفضاء بين الكواكب ، وتغير اتجاهها 10^{15} مرة كل ثانية • ويتولد عن هذا العدد الهائل من التغيرات السريعة تيارات فى الأجزاء المجاورة من العازل ، وهكذا تنتقل موجات الضوء من مكان الى مكان » •

وقد اختبرت نظرية الضوء الكهرومغناطيسية عملية وصمدت بجدارة أمام التجارب العملية • ولكن كانت هناك طرق أخرى لاختبار صحة نظرية ماكسويل • فاذا كان منطقه سليما فلابد أن تولد المصادر الأخرى للاضطراب موجات كهربية أخرى ذات ذبذبات تختلف عن ذبذبة الضوء • وهذه الموجات تكون غير مرئية ، الا أنه لابد من تمييزها بوساطة أجهزة خاصة • ولم يعش ماكسويل حتى يرى اكتشاف هذه الموجات • ولكن هنريش هيرتز استطاع ، بعد وفاة ماكسويل بعشرة أعوام ، كسب السبق واثبات وجود هذه الموجات • لقد استطاع عن طريق سلسلة من التجارب الرائعة ، توليد موجات الراديو الكهربية • وخلص من ذلك الى ثبوت الرابطة « بين الضوء والكهرباء •• التى كثرت حولها الهمسات والشكوك والتنبؤات •• ولم يعد أفق علم البصريات مقصورا على موجات أثيرية دقيقة يبلغ طولها مجرد كسر صغير من المليمتر ، لقد اتسع افقها ليشمل موجات تقاس بالسنتيمترات والأمتار والكيلو مترات • وبالرغم من هذا الاتساع ، فانه يبدو مجرد جزء صغير من آفق الكهرباء الواسع • وهكذا نرى أن الكهرباء قد أصبحت مملكة جبارة » •

وكان ماكسويل قد أتم بحثه العظيم عن النظرية الكهرومغناطيسية في حين كان « على المعاش » في جلينلير • ولم تستنفد الا جزءا صغيرا من طاقته ، فقد كان يقوم بجوار هذا العمل ، وفي نفس الوقت ، بكتابة كتاب في الحرارة وعدة بحوث أخرى في الرياضيات ، ورؤية الألوان ، وغيرها من الموضوعات الفيزيائية • وظل في مراسلات كثيرة علمية واجتماعية ، ووسع منزله ، ودرس اللاهوت ، وألف موشحات من شعر سيىء ، وكان يركب الخيل ، ويخرج للسير مسافات طويلة مع كلابه ، ويزور جيرانه ويلاعب أولادهم ، كما كان يقوم بزيارات كثيرة لكامبريدج للاشتراك في وضع امتحاناتها ومسابقاتها الرياضية والحكم فيها •

وفي عام ١٨٧١ أسس كرسي الطبيعة التجريبية في كامبريدج • ومن الصعب علينا أن نتصور أنه لم تكن تدرس في ذلك الوقت مقررات في الحرارة والكهرباء والمغناطيسية في تلك الجامعة ، كما لم يكن بها معمل معد لمتابعة هذه العلوم واجراء التجارب فيها • وكانت الجامعة ، كما كتب أحد المثقفين المعاصرين ، « قد فقدت صلتها بالحركات العلمية العظيمة التي تجرى خارج أسوارها » • ولذلك فقد تكونت لجنة من الأساتذة لدراسة هذا الموضوع ، وأعدت تقريرا ، أوضحت فيه هذ الحقائق المذهلة ، وقدمته الى دوق ديفونشاير ، مدير الجامعة • فوافق على منح المبالغ اللازمة لبناء وتأثيث معمل كافنديش الشهير • ومع أن ماكسويل لم يكن يرغب في ترك جلينلير ، الا أنه تحت ضغط أصدقائه تقدم لهذا المنصب الذى قبل فيه فورا •

وتفرغ ماكسويل وخصص وقته لتصميم المعمل والاشراف على بنائه . وكان هدفه أن يصبح أحسن معهد من نوعه ، يحوى أحدث الأجهزة ويستخدم أحسن الأساليب وأسلمها لاجراء البحوث . وقدم لهذا المعمل كل أجهزته الخاصة وأكمل هبة الدوق بمبالغ أخرى سخاء من عنده . وكان على ماكسويل أن يهتم بالكثير من التفاصيل ، ولذلك فان عملية البناء والتأثيث لم تتم الا فى عام ١٨٧٤ . ومع أن هذا التأخير لم يكن منه بد ، فانه اوجد بعض المتاعب ، فقد كتب ماكسويل يقول : « انني لا أجد مكانا أضع فيه الكرسى الذى أجلس عليه ولذلك فانني أنتقل من مكان الى آخر مثل العصفور ، حيث ألقى « آرائى » فى الفترة الأولى فى مدرج الكيمياء ، وفى قسم النبات فى الفترة الثانية ، وفى قسم التشريح فى الفترة الثالثة » . ولم تكن « آراؤه » هذه سوى مقرراته التى كان يلقيها فى الحرارة والكهرباء والكهرومغناطيسية .

فى عام ١٨٧٦ نشر كتاب ماكسويل عن « المادة والحركة » ، وهو « كتاب صغير فى موضوع عظيم » وحوالى ذلك الوقت ، كتب مقالات عدة فى موضوعات مختلفة ــ مثل « الذرة » و « الأثير » و « التجاذب » و « فاراداى » وغيرها ــ للطبعة التاسعة من الموسوعة البريطانية . وكانت محاضراته العامة تتناول مجموعة لطيفة من الموضوعات مثل « حول التليفون » . ولما كان قد ألقى هذه المحاضرة وهو مريض جدا ، فانها لم تكن واضحة مثل أحسن انتاجه ، وكانت كذلك مليئة بالجوانب المرحة المسلية . فعندما تحدث عن « اختراع الأستاذ بل » علق على التناسق العجيب التام بين

جميع أجزاء الجهاز « فالسلك فى الوسط ، والتليفونان فى نهايتى السلك . والثرثاران فى طرفى التليفونين » . وقد أمضى ماكسويل خمسة اعوام فى تحرير ونشر ٢٠ مجموعة من بحوث هنرى كافنديش التى لم تكن قد نشرت . وكان المجلدان الرائعان اللذان نشرا عام ١٨٧٩ سببا فى تأكيد شهرة وعظمة كافنديش باحث القرن الثامن عشر الموهوب، الذى لم تكن بحوثه فى الكهرباء معروفة لمعاصريه ، وذلك لأن نتائج بحوثه لم تخرج عن حيز مذكراته . ولقد أعاد ماكسويل اجراء تجارب كافنديش وبين أنه قد توصل الى كشوف هامة فى الكهرباء من بينها قانون أوم .

ولما تقدمت بماكسويل السن أخذ أصدقاؤه يلاحظون تزايد روحه الاجتماعية . لقد استمر يرى أصدقاءه الكثيرين وينظم أشعارا خفيفة ويتنزه مع كلبه توبى ، ويأتى ببعض المداعبات اللطيفة - الا انه اصبح كتوما وصار يخفى مشاعره واحساساته خلف ستار من السخريات وكانت طبيعته الاسكتلندية الجافة العقلية تختلط دائما بخيوط رفيعة من الغموض - كان يؤمن بالعلم ، الا أنه كان فى أعماقه متشككا فى قدرة العلم على ايضاح أسرار الطبيعة ومعانيها - وقد وصفه معاصروه بأنه كان متواضعا كما كان لاذعا فى نقده العلمى ، وكان تجريبيا فى آرائه العلمية بقدر ما كان جامدا عندما يبدو الآخرون واثقين من أنفسهم .

ولعل أحسن ميزات ماكسويل كانت ظرفه ولطفه وحنانه - وكانت علاقته بالمقربين منه تقوم على تفانيه واخلاصه وانكاره لذاته بشكل منقطع النظير . فعندما جاء

نسيبه الى لندن لاجراء عمليــة جراحيــة . ترك ماكســويل الطابق الأول من منزله له ولممرضته وسكن هو فى حجرة كانت من الصغر بحيث كان يتناول افطاره وهو راكع لأن الحجرة لم تكن تتسع لكرسى بجوار المائدة ٠ وفى السنوات الأخيرة من حياة ماكسويل أصيبت زوجته بمرض خطــير امتــد مــدة طويلة ٠ وأصر هو على تمريضها ٠ ويقال انه فى فترة ما لم ينم فى سرير مدة ثلاثة أسابيع ٠ ومع ذلك فقد استمر فى عمله كالمعتاد وكان مرحا كما لو كان يستعذب الشدة ٠ ومن يدرى فلعله كان فعلا يســتعذب المحنــة ٠ ولم يظهر أبدا ما يدل على مرضه الخطير ٠

وفى ربيع عام ١٨٧٧ بدأ يحس آلاما خانقة عند البلع ٠ ولأسباب خافية لم يستشر أحدا فى هذه الأعراض مدة عامين، مع أن حالته كانت تسوء بالتدريج ٠ وقد لاحظ أصدقاؤه فى كامبريدج أن صحته فى تدهور وعندما عاد الى جلينلير فى صيف عام ١٨٧٩ ، كان ضعفه قد بدا واضحا فاضطر لاســتدعاء الطبيب ٠ كان فى حالة من الألم الفظيــع « كان يصعب عليه أن يظل راقدا ساكنا لمدة دقيقة واحدة ، ولم يكن ينام ويتنفس ، وفقد شهيته للأكل مع أنه كان فى أشد الحاجة للغذاء » ٠ وكان قد أدرك تماما أن حالته ميئوس منها ، ومع ذلك فقد ظلت صحة زوجته هى شغله الشاغل ٠ ومات فى ٥ من نوفمبر ٠ وكتب طبيبه ، دكتور باجيت : « لم أشــاهد رجلا قابل الموت بمثل هذا الهدوء والوعى » ٠ وعندما دفن ماكسـويل فى حوش كنيسة بارثون فى جلينلير ، لم يكن العالم قد أدرك بعد كنه آرائه وأفكاره ٠ ومازالت مملكته التى خلقها تفكيره المبدع تنتظر من يكشف عن بعض كوامنها ٠

القسم الخامس

دراسة الحياة

ويليـام هـارفى

« تعود بى الذاكرة الى المقابلة الوحيدة التى تمت بينى وبين هارفي الشهير (قبل أن يموت بفترة قصيرة) ، عندما سألته عما جعله يفكر في وجـود دورة دموية في جسـم الانسان • وأجابني قائلا ، ان ملاحظته وجود الصمامات فى الأوردة التى تشـق طريقهـا في أجـزاء كثيرة من جسـم الانسان ، وأن هذه الصمامات موضـوعة بطريقـة تسمح بمرور الدم الى القلب ولكنها تعوق مرور الدم الوريدى فى الاتجاه الآخر • أن هذه الملاحظة جعلته يتصور ان الطبيعة لم تضـع هـذه الصمامات الكثيرة دون غـرض أو هـدف ، وأن الهدف المرجح هو أن تقوم هذه الصمامات بمنع الدم من الوصول الى الأطراف عن طريق الأوردة ، انما يجب أن يصل الى هناك عن طريق الشرايين ثم يعود الى القلب مرة أخرى عن طـريق الأوردة التى لن تعـوق سـيره في ذلك الطريق » •

هذه هى كلمات عالم الكيمياء الايرلندى روبرت بويل التى يصف فيها مقابلته مع وليام هارفي ، وردت فى كتابه « بحث فى العلل النهائية للأمور الطبيعية » الذى نشر بعـد وفاة هارفي بواحد وثلاثين عاما • والـواقع أن هـذه هى العبارات الوحيدة التى ذكرها هارفي لتفسـير وصوله الى

كشفه العظيم الذى يعتبر قمة فى تاريخ علم الحياة والواقع أن هذا الرجل الذى وضع الأسس التى قام عليها علم الطب الحديث مجرد اسم عند أغلب الناس ، فكتـابه الكلاسـيكى الذى كتب باللاتينية « دراسات تشريحية عن حركة القلب والدم فى الحيوانات » اصاب شهرة كبيرة ولكنـه لم يقـرأ الا لماما . وحقيقة الأمر أن الرجل والكتـاب اكثر اهميـة مما يبدو للكثيرين نتيجة ظلال النسيان التى تخيم على كل منهما .

ولد « هارفى الشهير » فى مدينة فولكستون عام ١٥٧٨ ، وصار أبوه بعـد ذلك عمـدة للمدينـة . وكان عمره عشر سنوات عندما قام الآسبان بهجـومهم عـلى انجلترا . وبدا تدريبه كطبيب فى لندن فى العام الاخير من حكم اليزابيث . واعطى أول محاضرة له فى الدورة الدموية عام ١٦١٦ ، فى نفس العام الذى مات فيه شكسبير . ومثل شكسبير ، لم يترك لنا هارفى ، الى جانب كتاباته ، سوى القليل عن اخبار حياته . وأغلب معلوماتنا المتعلقة بشـخصه مسـتمدة من مؤرخ حياته ، جون اوبرى الذى كتب «ملخصا لحياة هارفى» . ويصف اوبرى ذلك العالم الكبير فيقول انه كان رجلا قصيرا جدا « وعيناه صغيرتان مستديرتان ممعنتان فى السواد يطل منهما بريق الحيـوية » . وكان عصبى المـزاج وتصرفاته لا تخلو من بعض الغرابة . وكان فى شبابه يحمل فى وسطه خنجرا ، كعادة ذلك العصر ، ولم يكن يتورع عن شهره لأقل استفزاز . تزوج فى السادسة والعشرين من عمره ، ولكننا لا نعرف شيئا عن زوجته أو عن حياة أسرته ، اللهم سوى أنه لم ينجب أطفالا . وكان هارفى يفضل أن يمكث فى الظلام

حتى يستطيع أن يفكر بشكل أفضل ، وبنى في منزله كهوفا للتأمل والتفكير .

والمعـــــروف عن هارفي أنه كان ردىء الخط يكتب بسرعه ، لكن بشكل مقروء ، وكانت كتـاباته مزيجـا من اللاتينية والانجليزية ، وكثيرا ما كان يخطيء في الهجـاء الى درجة تلفت النظر . ولم يصلنا ، الى جانب كتابه السالف الذكر ، سوى القليل من كتاباته . ولعل احد الاسباب التي ادت الى ذلك انه فقد كثيرا من أوراقه خلال الحرب الاهلية التي استمرت عام ١٦٤٢ عندما هاجم المتظاهرون منزله في لندن واتلفوا مخطوطاته ، وكان هـو في ذلك الـوقت مـع تشارلز الاول كطبيبه المعالج . وقال هارفي بعد ذلك ان هذه الخسارة كانت أفدح كارثة لحقت به .

كرس هارفي حياته ، المليئة بالنشاط والحيوية ، في البحث عن المعرفة ، وكتب اثنى عشر كتابا على الأقل في مختلف الموضوعات غير أنها لم تر النـور ، مثـل مخطوطاته التي أتلفها المتظاهرون . ولعل أهم كتاب من كتبـه التي نشرت ، بعد كتاب « حركة القلب » ، هـو « عن التـكاثر » الذي أسهم بدور كبير في علم الأجنة .

★★★

ومهما يكن من أمر ، فان أعمال هارفي المتعلقة بالدورة الدموية « هي التي صنعت له تمثالا من النبوغ » ولا تقتصر أهمية هذه الأعمال على كونها كشفا تاريخيا في علم الحياة ، ولكنها تفوق ذلك من حيث كونها تعبيرا لاستخدام الأسلوب العلمي في الدراسات المتعلقة بالحياة . كان هارفي معاصرا

لجاليليو وكبلر وباكون وديكارت ، ووجدت فيه الثورة العلمية التي قامت في عصر النهضة والتي قضت على نظام الفلسفة الكلاسيكية وأقامت بدلا منه الأساليب التي يعتمد عليها العلم الحديث ، وجدت فيه واحدا من دعاتها . والواقع أن هارفي كان أول عالم من علماء الحياة يستخدم الاساليب الكمية لتوضيح كشف هام . كان يلجأ الى الوزن والقياس والعد حتى يصل الى الحقيقة . وكان هذا أمرا جديدا تماما بالنسبة للقرن السابع عشر لدرجة أن عمل هارفي ، مع عبقريته الفذة ، لم يخل من بعض الأخطاء . وبالرغم من كل شيء ، فان استخدام هارفي لذلك الأسلوب الكمي في الدراسة كان بمثابة فتح عهد جديد في علم الحياة . . .

تخرج هارفي في جامعة كامبريدج عام ١٥٩٧ ثم ذهب الى دراسة الطب في جامعة بادوا، أكبر مدرسة علمية في ذلك العصر . وكانت علوم التشريح وفسيولوجيا القلب والشرايين والأوردة والدم تدرس بنفس النظام الذى وضعه الطبيب الاغريقي جالينوس منذ أربعة عشر قرنا . كان جالينوس يقول ان « الكيل » (وهي نوع من المادة اللمفاوية) تنتقل من الأمعاء الى الكبد التي تحولها الى دم وريدى وتضيف اليها في نفس الوقت « روحا طبيعية » . وتقوم الكبد بعد ذلك بتوزيع هذا الدم عن طريق الجهاز الوريدى بما فيه البطين الأيمن للقلب . وكان جالينوس يعرف ، عن طريق التجربة ، أنه عندما يقطع وريدا أو شريانا كبيرا في الحيوان فان الدم يتدفق من الوريد أو من الشريان ، وأدرك أنه لابد من وجود علاقة ما بين الأوردة والشرايين ، واعتقد انه عثر على هذه العلاقة عندما خيل اليه أنه عثر على ثقوب صغيرة في

الجدار الذى يفصل بين الجـزء الأيسر من القلب وجـزئه الايمن وقال ، بناء على ذلك ، ان الدم الوريدى ينتقل خلال هذه الثقوب الى الجزء الايسر من القلب حيث يحصل عـلى « الروح الحيـوية » الواردة من الـرئتين ، ويكتسب بذلك اللون القرمزى البراق الذى يميز الدم الشريانى .

وكان جالينوس يرى ان الدم يتدفق الى مختلف اجزاء الجسم خلال الأوردة والشرايين ليمد أطـراف الجسـم بما تحتاج اليه من غذاء وروح . لم يكن يرى وجود قوة دافعة او دورة حقيقية ، وانما كان يعتقد أن الدم الموجود فى الاوعية يرتد ببساطة بين فترة وأخرى الى القلب والرئتين للتخلص من الأوشاب التى علقت به .

وما ان حل عصر هارفى حتى كانت تعاليم جالينوس قد عانت تعديلين هامين . أما التعديل الأول فصاحبه اندرياس فيساليياس مؤسس علم التشريح الحديث ، وهو من مواطنى بادوا . أعلن عام ١٥٥٥ أنه لا وجود «لثقوب» جالينوس ، وتمكن خلف فيساليياس ، وهو ريالدو كولومبو ، من كشف نظام انتقال الدم من الجانب الأيمن للقلب خـلال الشرايين الرئوية الى الرئتين ، ثم عودته الى الجانب الأيسر للقلب عن طريق الأوردة الرئوية ، كما أوضح ، عن طريق التجـارب التى أجراها على الحيوانات ، أن الأوردة الرئوية تحتوى على دم شريانى لا على « روح حيوية » . وأما الكشف المهم الثانى فقد حققه فابريكياس أب أكوابندانت فى بادوا ، وهـــو وجـود صمامات ، أو « أبواب صغيرة » كمـا أطلق عليهـا ، فى الأوردة . ولم يدرك فابريكياس وظيفة هذه الصمامات

وسار في اثر آراء جاليتوس : اذ قال ان وظيفتها أن تبطيء سريان الدم الى الأطراف •

★★★

وعاد هارفي الى انجلترا عام ١٦٠٢ وهو يتأبط درجة الدكتوراه التي حصل عليها من پادوا • ونحن لا نعرف هل بدأ في تكوين فكرته عن الدورة الدموية عندما غادر پادوا • وعلى أية حال ، فقد مارس الطب في لندن وتسلق سريعا درجات الشهرة • وفي عام ١٦١٥ ، كرمته كلية الأطباء الملكية ، التي كان عضوا فيها ، بأن منحته حق القاء محاضرات لومل خلال حياته • وفي محاضراته الأولى التي ألقاها عام ١٦١٦ بدأ وصف الدورة الدموية • ولقد وصلت الينا مذكراته التي تحوى هذه المخاضرات ، وتقع في ٩٨ صفحة ، وفيها يصف بعض تجاربه ، ومن ضمنها تلك التجارب التي أقنعته بأن « الطبيعة لم تضع هذه الصمامات الكثيرة دون غرض أو هدف » ، والتي أثارت في ذهنه فكرة الدورة الدموية كما ذكر روبرت بويل فيما بعد •

وتوضح هذه المذكرات أن هارفي كان قد اقتنع فعلا أن هناك دورة دموية تحدث خلال جسم الانسان وأن القلب هو الذى يقوم بدور المضخة • وفي عام ١٦١٦ اختتم سلسلة محاضراته بالعبارة التالية :

« ان تركيب القلب يثبت أن الدم ينتقل باستمرار خلال الرئتين الى الأورطة كما يفعل المنفاخ المائي وهو يرفع المياه • ولقد ثبت كذلك أن الدم ينتقل من الشرايين الى الأوردة • ويتضح من ذلك أن خفقان القلب هو الذى يؤدى

الى الحركة المستمرة لدورة الدم • هل الهدف من ذلك هــو تغذية الجسم أم حفظ الدم والأطراف بشــكل أفضــل عن طريق نقل الدم الحرارة التي يكتسبها من القلب ويفقدها عندما ينقلها الى الأطراف ليعود فيكتسبها مرة أخــرى من القلب » •

ويعــد اثنى عشر عاما أجــرى فيها هارفي مزيدا من التجارب المتعلقة بنظريته عن الدورة الدموية ، نشر كتابه « عن حركة القلب » في ٧٢ صفحة فقط • ويحوى الكتاب اهداءين (أحدهما للملك تشارلز والثاني للدكتور أرجنب رئيس الكلية الملكية) ومقدمة وسبعة عشر فصــلا قصــيرا عرض فيها الحجج التى تدعم نظريته •

عرض في الفصل الاول الاسباب التي دعته الى كتابة هذا الكتاب (ومن ضمنها رغبته في تجنيب نفسه السخرية) ، ثم عرض في الفصول الأربعة التالية تحليلا رائعا لحركات القلب والشرايين والأذينين ، وتحليلا لا يقل عنه روعة عن وظيفة القلب • وذكر أنه كاد ييأس أول الامر من فهـم حركة القلب في الحيوانات ذات الدم الحار لأن النبض فيها سريع جدا • ولكنــه وجــد أن في مقدوره أن يحلل حركات القلب في الحيوانات ذات الدم البارد وكذلك في الحيوانات ذات الدم الحار وهي تعاني سكرات الموت • ومازالت هــذه هي المصادر الأساسية لمعارفنا المتعلقة بحركة القلب ، وذلك في مجال الفحص المباشر •

وكان هارفي أول من قدم فكرة واضحة عن نبضة القمة وعن الصفة العضلية للقلب ، وكيف أن نبضة القلب تبدأ في

الاذين الايمن ثم تنتقل الى الاذين الايسر والبطينين • وأوضح كذلك ان النبض فى الشرايين يرجع الى تدفق الدم فيهـــا وهو مندفع من القلب ، كما يحدث عندما « ينمح المرء فى قفاز » ، وهو تشبيه استخدمه هارفى لاول مرة فى محاضراته عام ١٦١٦ • وتوصل الى استنتاج سليم هو ان « الوظيفة الاساسية للقلب هى انه يضخ الدم وينقله خلال الاوردة الى اطراف الجسم » •

وانتقل هارفى بعـد ذلك الى عرض حـركة الدم من الجانب الايمن للقلب الى جانبه الايسر خلال الرئتين ، كمـا جاء فى وصف كولومبو، ثم اوضح كيف ينتقل الدم من القلب الايسر خلال الشرايين الى الاطراف ثم يعود مرة اخرى الى القلب الأيمن عن طريق الأوردة • ويحتوى هذا القسم من الكتاب على جوهر الكشف العظيم الذى وصل اليه هارفى • لقد استخدم ثلاث نظريات لاثبات ضرورة حـدوث الدورة الدموية فى جسم الانسان : (١) ان كمية الدم التى تنتقل من الأوردة الى الشرايين كبيرة لدرجة توجب أن يمر كل الدم الموجود فى الجسم خلال القلب فى فترة وجيزة ، وان هذه الكمية لا يمكن أن تنتج من الغـذاء المسـتهلك كما يقـول جالينوس • (٢) ان كمية الدم التى تذهب الى الاطراف اكبر كثيرا مما يلزم لتغذية الجسم ، (٣) ان الدم يعود باستمرار الى القلب من الأطراف عن طريق الأوردة •

★★★

ولقد قام هارفى ببحوثه الكمية الشهيرة لتحـديد حجم الدم الذى يضخه القلب لكى تثبت «النظرية الأولى» • وكان عليه « حتى يقوم بحساباته» أن يقيس كمية الدم المندفعة من

القلب في كل نبضة ، كما كان عليه ان يحدد معدل النبض .
والواقع ان هذه العملية في غاية الصعوبة ، ومازالت هناك
حتى اليوم خلافات في تحديد هذه الكمية عنـدما تســتخدم
الوسائل المختلفة . ولقد حصل هارفى عـلى رقم لا يتعدى
جزءا من ثمانية عشر جزءا من التقدير المعترف به اليوم .
كيف توصل هارفى الى هذا الرقم الخاطىء جدا واستطاع
في الوقت نفسه ان يصل الى كشفه العظيم ؟!

وحقيقة الامر ان هارفى اعتمد في تدليله على نتيجـه فحصه لاحدى الجثث ، اذ وجد ان البطين الايسر في القلب يحوى اكثر من اوقيتين من الدم . (ولا شك ان هذا القلب الذى فحصه كان منتفخا . وبناء على ذلك افترض ان البطين يحتفظ ، في الفترة بين انقباضاته بكميـة من الدم تبلغ حوالى اوقية ونصف اوقية ؛ وعندما أفترض كذلك ان كمية الدم التى تندفع من البطين عند كل انقباضه تبلغ « ربع او خمس او سدس أو حتى ثمن » ما يحتويه ، وصل الى نتيجه نهائية هى أن الدم المندفع من القلب في كل نبضة لا يقــل عن ٢ر٩ جراما . هذا على حين نحن نعتقد اليوم ان كل الدم تقريبا الموجود في القلب يندفع منه عنـد كل انقباضـة ، وتدل التقديرات الحديثة ان حوالى ٨٩جراما من الدم تندفع في كل انقباضة . ولعلنا نلتمس العذر لهارفى اذا لم يتوصل الى التقدير السليم في حالة الانسان ، ولكننا نجد أنه وصل الى ذات النتائج الخاطئة عندما حاول قيــاس كميـة الدم المندفعة من قلب الشاة في كل نبضة . ولو أنه قطع الأورطة في الشاة ووزن كمية الدم المندفعة في بحر دقيقة كاملة ، وعد في نفس الوقت عدد النبضات في الدقيقة ، لأمكنه أن يصل الى رقم معقول ، ولكنه لم يقم بهذه التجربة البسيطة .

ولقد أخطأ هارفي كذلك عند قياس معــدل النبض . كان الرقم الذى استخدمه عادة هو ٣٣ نبضـــه فى الدقيقه ، وهو حــوالى نصف المعــدل الحقيقى فى المتوســط . ونحن لا نستطيع أن نفسر ذلك الخطأ على أساس صعوبة القياس ، وسنظل نجهل لماذا أخطأ هارفى الى هذا الحــد . وعنــدما استخدم هارفى الرقمين اللذين وصل اليهما ــ ٣٫٩ جراما من الدم تندفع من القلب عند كل نبضـــة ، وثلاثا وثلاثين نبضة فى الدقيقة ــ حصل على رقم يدل عــلى معدل سريان الدم يعتبر جزءا من ستة وثلاثين جزءا من اقل قيمة يمكن قبولها اليوم . وفيما يلى كلماته التى خطها وهــو يقــوم بحساباته فى مرة من المرات : « ينبض القلب ألف نبضة كل نصف ساعة ، وقد يصل العدد فى بعض الأحيان الى ألفين أو ثلاثة آلاف أو أربعة . فاذا ضربنا عدد الدراهم المندفعة من القلب فى كل نبضة فى عدد النبضات ، استــنتجنا أنه فى خلال نصف ساعة تندفع من القلب ٣٠٠٠ درهم أو ٢٠٠٠ درهم أو ٥٠٠ أوقية منطلقة الى الشرايين ، وهى كمية أكبر من كمية الدم الموجود فى كل الجسم » . ان أقل تقدير من تقديراته وهو ٢٠٠٠ درهم أو ١٧٫١ رطلا يفوق فعلا كمية الدم الموجودة فى الشخص المتوسط الذى يزن ١٥٠ رطلا ، فهذه الكمية هى ١٥ رطلا .

لقد أثبت هارفى فكرته الأساسية بالرغم من حساباته الخاطئة . ان القلب يضخ فى نصــف ســاعة كمية من الدم تفوق كثيرا كمية الدم الموجودة فعلا فى الجســم . وكانت هذه ضربة قوية لأفكار جالينوس ، اذ من الواضح أن غذاء

الانسان لا يمكن أن يؤدى الى انتــاج الدم بشــكل مسـتمر وبهذه الكميات .

وكان عرض هارفى لنظريته الثانية التى تقول ، ان كميــة الدم التى تذهب الى الأطــراف أكبر كثيرا مما يلزم لتغذية الجسـم ، كان عرضــه أقل روعة وأثرا ، فهــو لم يستخدم هنا وسائل قياس محددة ولكنيــه لجأ الى الاســتنتاج لدرجة كبيرة . غير انه اشار فى مناقشته الى نقطة مهمة هى أن الدم لابد أن ينتقل من الشرايين الى الأوردة فى أطراف الجسم ، ووصف التجربة التى جعلته يقترح فكرة الدورة الدموية . لقد أوضح أنه اذا استخدم المرء رباطا يمنع مرور الدم فى الأوردة ولكنه لا يعوق طريقه فى الشرايين ، فان الأوردة لا الشرايين هى التى ستنتفخ . فاذا زاد المرء من ضغط الرباط بحيث يمنع مرور الدم فى الشرايين ذاتها ، فان الأوردة لن تنتفخ فى هذه الحالة . ومن هذه الملاحظات استنتج هارفى استنتاجا سليما هو أن الدم يدخل الاطراف عن طريق الشرايين ثم ينتقل بطريقة ما الى الأوردة ، وان فشل فى العثور على تلك الطريقة .

وقام هارفى بتجربة رائعة لكى يثبت نظريته الثالثــة وهى النظرية القائلة بأن الدم يسرى فى الأوردة نحو القلب لا بعيدا عن القلب ، كما تنادى تعاليم جالينوس . لقد بين هارفى أنه اذا ضغط المرء باصبعه فوق وريد من الاوردة . ثم حرك اصبعه ، وهــو ضاغط عــلى الوريد من صــمام الى الصمام الذى يملوه ، فان الدم الذى طرد من هذا الجزء من الوريد لن يعود ثانية لأن الصمامات لا تسـمح بمرور الدم

الا في اتجاه واحد . ان الجهاز الوريدى لا يسمح بمرور الدم . في كل من الاتجاهين ، ولكن فى اتجاه واحد ، نحو القلب .

★★★

ما الخصائص الأساسية فى كشف هارفى ؟ ان العوامل الرئيسية التى تؤدى الى حدوث الدورة الدموية هى القلب الذى يقوم بدور المضخة وانتقال الدم من أحد جوانب القلب الى الجانب الآخر عن طريق الرئتين ، ثم مروره بعد ذلك خلال الشرايين لكل أجزاء الجسم ، وعودته الى القلب مرة أخرى عن طريق الأوردة . وكان هارفى على علم بمرور الدم فى الرئتين عندما بدأ بحوثه . وكانت اضافته العظيمة هى أنه أوضح دورة الدم خلال الشرايين والأوردة وربط بين ذلك وبين مرور الدم فى الرئتين ، فوضع بذلك نظاما متكاملا لحركة الدم خلال الجسم . غير أنه كانت هناك قطعا حلقة مفقودة : كيف ينتقل الدم من الشرايين الى الأوردة فى الأطراف لكى يعود الى القلب ؟ وبعد مرور ثلاثة وثلاثين عاما على ظهور كتاب « حركة القلب » ، عثر عالم التشريح الايطالى مارشيللو ماليبيجى على هذه الحلقة المفقودة عندما كشف وجود الشعيرات الدموية ، وهكذا استكملت الصورة التى وضعها هارفى .

ومن الواضح أن القيمة المباشرة لكشف هارفى بالنسبة للطب والجراحة تفوق كل تقدير ، فهذا الكشف هو أساس كل الجهود التى تبذل لاصلاح الأوعية الدموية المريضة أو التى أصابها التلف ، وأساس العمليات الجراحية فى حالة

ارتفاع ضغط الدم وأمراض القلب ، وعمليـة « الطفـل الأزرق (١) » الشهيرة ، وغـيرها • غـير أن الدين أفدح بالنسبة لعلم الفسيولوجيا ، ذلك أن فكرة الدورة الدموية هى أساس فهمنا الحالى للطريقة التى يضمن بهـا الجســم تثبيت بيئته الداخليـة • ان الدور الأســاسى فى الحـركة الداخلية لجسم الانسان يلعبه ذلك السائل الذى كشف هارفى دورته بفضل بصيرته النفاذة العظيمة •

---

(١) Blue baby, operation.

تشــارلز داروين

في خريف عام ١٨٣١ تقابل الماضي والمستقبل على مائدة الغذاء ، في شــخص شــابين لم يدركا ما تخبئه لهما الأيام القادمة • أما أحدهما فهو روبرت فيتزروى ، قبطان بحرى في السادسة والعشرين من عمره ســبق له أن جاب البحــار ورسم الخرائط لشواطئها ، وينوى الاقلاع في رحلة جديدة طويلة • وكان القبطان فيتزروى رجلا متدينا يحتمل في صدره كره شديد لعلم الجيولوجيا الجديد ، رأى أن يصطحب معه عالما من علماء الحياة يشاركه خبرته في البرارى ويقف الى جواره في وجه هؤلاء الذين يســتخدمون الصخور لنشر هرطقاتهم ، وأما الشاب الآخر الذى كان يجلس في مواجهة القبطان فقد غلب عليه التردد • كان تشارلز داروين يصغر فيتزروى بأربع سنوات ، وكان سيدا يشغل نفسه بالصيد بعد أن فشل في دراسة الطب ، غير أن أسرته ظلت تأمل أن يصبح تشارلز قسيسا في احدى القرى • وتضاربت الأفكار في ذهن الشاب • هل يدع صيد الثعــالب في شروبشــاير ويذهب لصيد اللاما في أمريكا الجنوبية ؟ هل يريد حقا أن يذهب ؟ وبينما الشاب في تردده ، وبينما المستقبل ينتظــر القرار اذا بالكابتن فيتزروى يحسم الأمر •

وهذا ما كتبه دارون الى أخته سوزان بعد ذلك : « ان فيتزروى يؤكد أن الحديث عن البحر الصاخب مبالغ فيه ، ولو أنني اخترت أن أذهب معهم ففي وسعي أن أعود الى انجلترا بمجرد أن أرغب في ذلك . كما أنه في مقدوري أن أتركهم في أى بلد جميل آمن حيث سأجد المعونة دائما . وسأجد لدى كافة المعدات والبنادق ... ان الأمور تسير سيرا حسنا ، فالى اللقاء يا عزيزتي سوزان » .

وفي السابع والعشرين من ديسمبر عام ١٨٣١ ، أقلعت السفينة « بيجل » ذات عشرة المدافع وعلى ظهرها تشارلز دارون وصحبه . كانت خطتهم أن يمسحوا شواطىء أمريكا الجنوبية وأن يقوموا بقياساتهم الزمنية حول العالم . وكادت الرحلة تنتهي قبل أن تبدأ اذ قابلتهم في مبدأ الرحلة عاصفة قاسية . كتب دارون في مذكراته اليومية : « صار البحر عاليا كالجبل وطفقت الأمواج تتقاذف السفينة بشكل مرعب . وكانت ليلة ليلاء لم أصادف مثلها من قبل والتعاسة تحيط بنا من كل جانب . الرياح تصفر والبحر يزمجر وصرخات الضباط والبحارة تتعالى ، وتتكون من تلك الأصوات جميعها أنشودة لا يمكن أن ينساها المرء سريعا » . وحنت ارادة الله على القطبان فيتزروى وضباطه فلم يفلت منهم الزمام . وقرر دارون بعناد غريب أنه كان على حق عندما قبل العرض الذى قدمه فيتزروى . وعندما عادت البيجل الى ميناء بليموث لم يستقل دارون ، فقد حزم أمره وقرر « ألا يدع هذه الفرصة الفريدة لرؤية العالم . وانها لفرصة طيبة تعوضني عما فاتني في كامبريدج » .

بدأت الرحلة التى فتحت الطريق أمام عقــل كبير لم تفسده التعاليم الكلاسيكية القديمة لكى يشبع نهمه بقطع من الصخر وأجزاء من العظام تقبع على الجانب الآخر من العالم، وأتاحت لهذا العقل أن يصيغ من منــاقير الطيــور وأجنحة الجمارين نظرية جديدة قدر لها أن تهز دعائم الفكر العلمى فى جميع بلدان العالم ٠

★★★

وعندما بدأ دارون رحلته التاريخيــة خلف وراءه فى انجلترا عالما تغلب عليه النعرة المحافظة ، ذلك أن انجلترا كانت ترتعد من فعال الثورة الفرنسية كما كان يغلب عليها الحذر بالنسبة للأفكار الجديدة البازغة التى كانت ترجمها « للملحدين الفرنسيين » ٠ وكان الجمود الدينى يسيطر لحد كبير على العلوم الطبيعية ٠ حقا ان الفكرة التى سادت خــلال القرن الســابع عشر ، والتى تقــول بأن العــالم خلق عام ٤٠٠٤ قبل الميــلاد ، لم تصــمد أمام دراســات الطبيعيين للصخور وتتابع أنواع الحياة فيها ، ولكن الرأى الذى ينادى بأن كوكبنا قديم وأنه يعانى التطور بشكل مستمر لم تكن قد تكونت بعد ٠ لم يكن هنــاك من يتخيــل أن عمر الأرض كبير الى الحد الذى نعــرفه اليــوم ٠ وكانت فكرة تتــابع الأحداث وتحول الحيوان خطوة فخطوة الى حيوان آخر تبــدو مناقضة للمعتقدات الدينية بل مناقضــة للشىء المعقــول ٠ وكان الكثيرون من علماء الحياة فى ذلك الوقت ــ من أمثال لويس أجاسيز وريتشارد أوين ــ يميلون الى الاعتقاد بأن أشكال الحياة المتتابعة فى السجل الجيولوجى ان هى فى

الواقع الا أشكال خلقت بشكل منفصل وأن بعضها تلاشى خلال الأحداث التاريخية •

غير أن داروين لم يشيد نظرية التطور من الهواء ، والواقع أن هذه النظرية ، شأنها فى ذلك شأن كثير من التعميمات العلمية العظيمة ، كانت قد وضعت لها بعض الأسس قبل أن تحمل اسم داروين • وكانت كل عناصر هذه النظرية تعتمل فى أذهان الكثيرين ، بل كانت موضع جدل واسع خلال السنين التى قضاها داروين فى الكلية • وكان جده ارازماس داروين ، الذى مات قبل أن يولد داروين بسبع سنوات ، قد اقترح نظرية جريئة عن « تحول » الكائنات الحية • كما لمعت فى ذهن جين بابتست لامارك ومضة رائعة عن التطور المتصل • وكذلك فتح سير تشارلز ليل ، الذى كان أصدق صديق لداروين طوال حياته ، الطريق أمام الفكرة التطورية بايضاحه أن الأرض ولابد أن تكون قديمة جدا بحيث تسمح بحدوث تغيرات عضوية غاية ما تكون فى البطء • ورفض ليل الفكرة القائلة باندثار أشكال من الحيوانات نتيجة كوارث على نطاق العالم بأسره وأوضح أن قوى الطبيعة ـ أثر الرياح والصقيع والمياه ـ تكفى لتفسير أغلب الظواهر الموجودة فى الصخور ، هذا اذا عملت هذه القوى لفترات طويلة جدا • وما كان داروين يستطيع أن يضع نظرية الانتقاء الطبيعى دون استخدام تقديرات ليل عن الأزمنة الضخمة •

واذا كانت جميع العناصر الرئيسية للرأى الداروني عن الطبيعة كانت معروفة قبل داروين فلماذا يحتل ذلك

المركز المهم فى تاريخ علم الحياة ؟ والجواب سهل ميسور وهو أن كل التعميمات العلمية العظيمة انما هى فى الواقع عملية تركيب خلاقة • ففى وقت ما تتراكم الكشوف والملاحظات الصغيرة ويصبح من الممكن تجميعها فى رأى شامل عظيم متعلق بالطبيعة • عندئذ لا تحتاج الانسانية الى مزيد من الحقائق بقدر ما تحتاج الى عقل كبير نافذ يستطيع أن يضفى على المعلومات المتجمعة معانى ذكية • مثل هذا التركيب يمثل العقل العلمى، وهو يحقق أرقى الانتصارات• ولا تقل قيمة المكتشف لأنه لم يضع سوى القطعة الاخيرة فى حل اللغز الذى إشترك فيه كثيرون غيره ، فان نجاحه فى القيام بهذه المهمة انما يعنى قدرته على الالمام بمدى شاسع من الحقائق المتباينة •

وعلينا أن ندرك أن دارون جاء فى وقت مناسب • والواقع أن النظرية التى أطلق عليها اسم الانتقاء الطبيعى كانت تحوم فى الجو وتطلب من يخرجها الى الحياة ، ولا أدل على ذلك من أن رجلا آخر اسمه ألفريد راسل والاس توصل الى النظرية الدارونية قبل أن ينشرها دارون ودون وجود ثمة علاقة بينهما • ولقد أشار دارون ذاته فى حديثه عن تاريخ حياته الى أن « عددا لا يحصى من الحقائق المشاهدة كان مختزنا فى أذهان علماء الحياة وعلى استعداد لأن يحتل مكانه الحق بمجرد ظهور نظرية تستطيع أن تفسر كافة هذه الحقائق » •

ومن ثم ، فان دارون بدأ رحلته وذهنه متفتح لرؤية ما يلقاه وكله فضول وادراك ، ومتأهب لرؤية التفاصيل مهما

كانت صغيرة • وبينما هو يبحر الى الجنوب متتبعا شواطىء أمريكا الجنوبية اذا هو يلاحظ الأخطبوط وهو يغير لونه في المياه ، ثم اذا هو يلاحظ عظاما ضخمة في السهول الجافة ويفكر جاهدا في ايجاد علاقة بين هذه العظام والحيوانات التى تحيا في الوقت الحاضر • اما مواطنو هذه البقاع فيؤكدون ان هذه العظام الحفرية كبرت بعد موت الكائنات، وان بعض الأنهار لديها المقدرة على «تحويل العظام الصغيرة الى عظام ضخمة » • والناس يعجبون في كل مكان ولكنهم ينخدعون نتيجة رغبتهم في العثور على تفسير ميسور ، اما داروين فكان يمل وفي ذهنه احلام واحلام • انه يقضى الايام تلو الايام راكبا أو صاعدا او مخترقا السهول التى تعج بالهنود معرضا حياته للخطر فى كل لحظة • وهو يسال المواطنين هل ازداد عدد اللصوص فيتلقى الاجابة الرمزية : « ان العوسج لم يكبر بعد » • ذلك أن العوسج عندما ينمو يصل الى ارتفاع الحصان ويمكن أن يحتمى فيه اللصوص• ويدون داروين هذه الحقيقة ، ثم ينطلق • ان العوسج يغطى السهول ، وتتغير طبيعة النباتات النامية تحت تأثير تدخل الانسان • والكلاب تنبح في الآجام ، والقط البرى صار أكبر حجما وأكثر توحشا • في كل مكان يبدو الصراع والتغير والطفرات • ويحملق داروين في وجه أفعى مجلجلة ويلاحظ «شيئا غريبا ذا مدلول هام• يبدو لى أن كل خصيصة من الخصائص ، حتى ولو كانت مستقلة عن تركيب الكائن لحد ما ••• تميل الى أن تعانى تغيرات بطيئة » •

وهو يهتم كثيرا بالحيوانات الغريبة التى تعيش تحت ظل ظروف قاسية • وهو يرى ضفدعة صغيرة ذات بطن

قرمزى ، ويسميها الضفدعة « الشيطانية » لأنه يتصور أن هــذه الضفدعة ، التى تحيا فوق الكثبــان الرمليــة تحت الشمس الحارقة ، ولا تستطيع السباحة مثل مثيلاتها ، «هى التى همست فى أذن حــواء لتخرج آدم من الجنــة » • من الضفادع الى الجنادب ، ومن الحصى الى الجبال •• لم تكن عيناه تتركان شيئا • وكان ينظر الى تفتت الصخور وهبوط الصخور والجلاميد من عل والشقوق والنتوءات فى جبــال الانديز والزلازل ويوقن ان الأرض تعتمل فيها عوامل الحركة والتغير •

ولم يلبث القبطان فيتزروى أن عاد الى السفر ناشرا قلاعه ، قاصدا جزر الجالاباجوس التي تقع على خط الاستواء وعلى مسيرة ستمائة ميــل من الشــاطىء الغــربى لأمريكا الجنوبية • وكانت هذه الجزر فى وقت ما موئلا للقراصنة ، وهى مليئة بالبراكين التى خمدت نيرانها • وينظر دارون الى هذه البراكين فيتذكر مصاهر الحديد الهائلة التى تحيط بها أكوام من الهوادم • « انها عالم صــغير قائم بذاته به كائنات لا توجد فى مكان آخر » فهناك الســلاحف المدرعة الماردة التى تحيا على الصبار • والطيور فى هــذه الجنــة الصغيرة لا تخاف الانسان : « فى يوم من الأيام هبط طائر على حافة آنية أمســكها فى يدى وبدأ يشرب بكل هــدوء ، وظل قابعا فى مكانه وأنا أرفع الآنية الى أعلى • وهنــاك عظايا بحرية كبيرة يصل طول الواحدة منها الى ثلاث أقدام ، تستلقى على الشاطىء وتأكل الأعشــاب البحرية • وتزحف « شياطين الظلام » هذه أمام عينى دارون ، بلونها الأســود فوق الصخور » ، فيعلق قائلا : « ليس ثمة مكان آخــر فى

العالم تحيا فيه هـذه الثدييات المشبية بهـذه الطريقـة الغريبة » •

وبالتدريج ، ادرك داروين ان الصـدفة اوجـدته فى اجمل معمل من معامل التطور فوق سطح الارض • كانت جزر الجالاباجوس غنية بالتغيرات ، فكل جزيرة تختلف عن الجزيرة الاخرى ، فى العظايا الكبيرة وفى النباتات وخاصة فى الطيور ذات المناقير المتباينة • ولقد لفت سـكان هـذه الجزر ـ وخاصة لوسون نائب المحافظ ـ نظر داروين الى هذه التغيرات الغريبة • ولكن داروين ، كما قال فيما بعد بتواضع داروينى تام : « لم أهتم اهتماما كافيا بهذه العبارات فى ذلك الوقت » • هل كانت زيارة داروين لجزر الجالاباجوس هى الحدث الوحيد الذى أدى به الى وضـع مفهومه الأساسى عن ميكانيكية التطور ، والتغيرات الوراثية فى الكائن التى ترتبط بعوامل الانتقاء الخارجية والتى قد تؤدى الى تباين الحيوانات والنباتات التى تفصل بينها بضعة أميال وتحيـا تحت ظل نفس الظروف من الطقس ؟ الواقع أن داروين ذاته لم يوضح هذه النقطة بشكل كاف • ولعل داروين ، شانه شأن كثير من العظماء ، لم يعد يتذكر بالتفصيل متى تفجر كشفه العظيم ، ومتى بدأ رحلته الذهنية التى تضاهى رحلته فى البحار السبعة • ولعله لم تكن هناك بداية محددة لهذا الكشف العظيم ، انما كان هناك ادراك ينمو بالتدريج ويتسع عـلى مر الأيام مع انحسـار الضـباب وتكسر الستر ووضـوح الرؤية •

★★★

ان الطرق الى العظمة مليئة بالمفارقات والتباين • فقد تكون الفضائل سبيلا لها ، وقد تكون نقط الضعف كذلك • والواقع ان داروين وصل الى مكانته العظيمة عن طريق الجمع بين الاثنين ، اذ جمع المواد والحقائق وهو يجرى خلف المعرفة وكله شجاعة وعزم ، بل ان الامر استدعى ان يقوم برحلة طويلة حول العالم ؛ ولكنه كتب عمله العظيم والمرض والوحدة يخيمان عليه • عندما عاد داروين الى انجلترا بعد رحلته على ظهر « البيجل » ، كان رجلا مريضا ، وظل كذلك حتى نهاية حياته • ونحن نعلم اليوم أن مرضه كان نفسيا لحد ما وان التوتر العصبى هو الذى كان يؤدى به الى الصداع والارق • وبعد رجوعه من رحلته بوقت قصير تزوج داروين من ابنة عمه اما ودجوود حفيدة مؤسس صناعه الخزف الضخمة ، ولم يلبث أن انعزل مع اسرته في قرية صغيرة في كنت • وكان يتجنب الاسفار كما يتجنب المرء الطاعون ، اللهم الا رحلات قصيرة يقصد بها الاستشفاء حيث توجد المياه الطبيعية • وكانت هذه العزلة مصدر قوته وحمايته • وكانت مخاوفه وشكوكه هى التى دفعت به الى تنظيم هذا العدد الضخم من الحقائق التى عثر عليها والى تدعيم نظريته عن التطور بأسانيد لم تقدم من قبل بمثل هذه الوفرة والقوة •

ولنفحص الآن كيف تمكن داروين من وضع نظريته العظيمة • أما طبيعة ملاحظاته فهى ، كما ذكرنا ، مناقير الطيور وادراك التغيرات التى تعانيها الكائنات، وما الى ذلك • غير أن ادراك حدوث التطور أسهل بكثير من وضع ميكانيكية لكيفية حدوث ذلك التطور• ولقد ظل داروين لفترة طويلة ،

عاجزا امام هذه المشكلة ، فهو لم يكتف بمجرد الاشارة العابرة الى أثر البيئة أو الى توارث الصفات المكتسبة •
واخيرا ، استنتج انه مادامت التغيرات في صفات الكائن توجد بين أفراد النوع الواحد ، فلابد أن تكون عملية الانتقاء لبعض هؤلاء الافراد مع اندثار البعض الآخر ، هي المفتاح الرئيسي للتغيرات العضوية •

ولقد راودته هذه الفكرة عندما فكر في أهمية انتقاء السلالات بهدف تحسين النباتات والحيوانات المستأنسة • ولكنه كان يتساءل عن تلك القوة الانتقائية التي تعمل في الطبيعة البرية • وفي عام ١٨٣٨ قرأ داروين بالصدفة كوماس مالتس ولمع حل المشكلة في ذهنه • كان مالتس قد قام بدراسة عام ١٧٩٨ خلص منها الى أن تعداد السكان يتزايد بسرعة اكبر من تزايد الغذاء ، الأمر الذي يؤدي الى حدوث صراع من أجل البقاء •

طبق داروين هذه القاعدة في عالم الحياة العصرية بشكل عام ، وقال ان الصراع من أجل البقاء ، تحت ظل البيئة المتغيرة ، هو الذي يؤدي الى ظهور التغيرات في تركيب الكائنات • وبعبارة أخرى ، تعاني الكائنات الحية تغيرات صدفية ، ويعمل الصراع من أجل الحياة دوره في حفظ التغيرات المفيدة وتأكيدها عن طريق الوراثة • أما الأفراد الضعفاء غير المتلائمين فيقضى عليهم ، وأما الأفراد الذين يتمتعون بصفات وراثية طيبة ، « فينتقون » لينحدر منهم الجيل التالي • ولما كانت الحياة لم تتوقف عن التغير ، وكذلك الطقس أو الجيولوجيا ، فان التطور عملية دائمة الحدوث •

ليس ثمة حيوان أو عضو في حالة توازن تام مـع البيئـة المحيطة به ٠

هذه هي الفكرة الرئيسـية في الداروبنيـة في كلمـة مختصرة ٠ ان الحقائق التي كانت معروفة قبل دارون مثـل التغير ، ووراثة التغيرات التي تطرأ عـلى الـكائن ، وانتقاء النباتات والحيوانات المستأنسة للحصول على سلالات جديدة ، والصراع من أجل الحياة ٠٠٠ كل هذه الحقائق التي كانت متناثرة ، تجمعت فجأة واحتلت كل منها مكانهـا في اطار الداروينية ٠

وعلى حين كان دارون يطور نظريته ويرتب الحقائق التي توصل اليها ، آثر أن يحتفظ بسر كشفه العظيم بين جوانحه وعاش في عزلة تامة ٠٠ لقد ظل ٢٢ عاما بعـد رجـوعه من رحلته على ظهر « البيجل » يعمل دون أن ينشر كلمة واحدة ، اللهم الا يوميات رحلته (التي صار عنوانها فيما بعد « رحلة عالم حياة حول العالم ») وبعض الرسـومات الفنيـة لمـا شاهده ٠

غير أنه يجب علينا الا نخطىء فهم عزلة دارون ومرضه، فقد كان دمث الخلق ومحبا للناس ، وبالرغم من أن الزيارات كانت تؤدى الى ازدياد حالته سوءا ، الا أنه مع ذلك لم يكن يعزف عنها ، كما هو منتظر في مثل هذه الحالة ، وان كانت تكلفه ليالي طويلة لا يطرق النوم فيها جفنيه ٠ وكان ذهنه المتوثب يعمل طوال هذه الليالي بدرجة كبيرة من التركيز العميق ٠ وكثيرا ما كان يسير وحيدا في الليل البهيم ، ويظل

هائما يفكر حتى يقابل الثعالب فى الفجر وهى تجرى الى مخابئها .

وفى يوم من الايام سال احد الزوار البستانى الذى يعمل فى حديقة داروين عن صحة سيده ، فاجاب الرجل : « يا لتعاسته . انه يقف محملقا فى زهرة صفراء دقائق متتابعة . ولعل صحته تتحسن لو انه وجد شيئا افضل يقوم به » . والواقع ان طبيعة عمل داروين كانت تثير العجب فيمن حوله من الناس . كان حقا يقف فترة طويله يحملق فى هذا الشىء او ذاك كما قال البستانى . انه برع فى ذلك النوع من السحر . وعندما كان يزور جزيرة وايت طفق يراقب بذور العوسج وهى تتهادى مع الرياح ثم خرج بنظرياته عن انتشار النباتات . وكثيرا ما كان يقوم بأنواع من النشاط لابد أن زوجته الطيبة جاهدت من أجل اخفائها عن الجيران . ففى يوم من الأيام أرسل له أحد أصدقائه نصف أوقية من براز الجراد فى افريقيا ، وكان فرح داروين عظيما عندما تمكن من الحصول على سبعة نباتات من هذه العينة . وعندما تحدث داروين مع ليل بخصوص هذه التجربة قال له : « ليس ثمة مجال للخطأ ، فقد استخرجت البذور من وسط كرات البراز وشرحتها » . وان داروين لم يكن يجد حرجا فى البحث عن بذور النباتات فى الجهاز الهضمى للجراد النطاط ، او فى أى مكان أسوأ من ذلك ، لكى يفهم طريقة انتقال البذور من مكان الى آخر . ويتحدث ابنه الكبير عن تجارب أبيه فى لهجة طريفة فيقول : « أعتقد أنه كان يرى فى كل بذرة شيطانا صغيرا يحاول أن يضلله بأن يقفز من هنا الى هناك

مختفيا فى هذه الكومة أو تلك ، الشىء الذى جعل ذلك العمل أشبه ما يكون بلعبة مثيرة » •

أما الهدف من وراء هذه اللعبة فكان دارون يحتفظ به لنفسه منتظرا يوما بعد يوم حتى يصل اليه • كان يجمع أكواما من الحقائق ويحلم بأنه سيقدم نظريته المتكاملة عن التطور فى سفر ضخم ، ضخم لدرجة استحالة قراءته بعد تمام طبعه • وفى نفس الوقت كتب روبرت تشامبرز ، أحد باعة الكتب ورجال الصحافة ، كتب ونشر طبعة معدلة من نظرية لامارك عن التطور تحت عنوان « آثار عن التاريخ الطبيعى للخلق » • وبالرغم من أن الكتاب كان يعكس طابع الهواية الى حد ما ، فان النقاد سارعوا الى الهجوم عليه بشكل عنيف ، ومن بينهم توماس هكسلى ، وصادف انتشارا كبيرا بين القراء ، وصدرت له طبعات مختلفة فى انجلترا وأمريكا ، الأمر الذى أثبت أن الرأى العام مهتم « بنظرية التقدم » كما كانت نظرية التطور تسمى آنذاك ، أكثر مما تصور نقاد دارون •

وظل دارون طوال هذه الفترة صامتا صمت القبور • وقدم مؤرخوه كثيرا من التفسيرات لذلك الصمت • قال البعض انه كان مشغولا بتجميع حقائقه ، وقال البعض الآخر انه لم يرغب فى مضايقة فيتزروى ، أو أن الهجوم على كتاب « الآثار » قد أفزعه ، أو أنه رأى من الأصوب ألا يكتب فى مثل هذا الموضوع الشائك الا بعد أن ينتشر صيته كعالم من الصف الأول • ولعل السبب الأساسى كان يكمن فى شخصيته ، اذ كان بطبعه أميل الى تجنب العاصفة التى لابد

وأن تهب بمجرد نشر أرائه · كان يطيب له أن يؤجل ذلك الحدث وأن يجتر آراءه مع بعض رفقائه المختارين من أمثال ليل وعالم النبات العظيم جوزيف هوكر ·

كانت أسرة داروين ميسورة الحال منذ حياة جده ارازماس ، وكان تشارلز فى وضع يسمح له بتكريس كل جهوده فى البحث ولم يكن فى حاجة الى العجلة فى نشر نتائج بحوثه ·

وفى ربيع عام ١٨٥٦ ، حذره ليل من هذا التباطؤ وقال له : « من الأفضل أن تنشر ما وصلت اليه ، والا سبقك اليه غيرك » · ووعده داروين بأن يسرع فى النشر ، غير أنه تباطأ مرة أخرى · ونحن نعلم أنه طلب من زوجته ان تتولى نشر بحوثه فى حالة وفاته ، وكأنه لم يكن يستطيع ان يتحمل الشهرة فى أثناء حياته ، سواء كانت شهرة طيبة أو سيئة · وعلى أية حال ، فقد ظل داروين يؤجل نشر آرائه ، ولعل هذا التأجيل كان سيستمر حتى نهاية حياته لولا أن تحقق تحذير ليل فجأة فحطم الحلم الجميل ·

كان هناك عالم طبيعى شاب أقل شهرة من داروين يقوم برحلة فى اندونيسيا يجمع فيها ما يصادفه من أشكال الحياة ، ومكنته بصيرته النفاذة من أن يصل الى ذلك السر العظيم الذى احتضنه داروين خلال تلك الفترة الطويلة ·· ذلك هو ألفريد راسل والاس · وضع والاس الحقيقة الى جوار الحقيقة ، وتوصل الى مفهوم واضح عن كيفية حدوث التطور · وأبى القدر الساخر الا أن يختار والاس داروين

بالذات ليبعث اليه ، في يونيو من عام ١٨٥٨ ، ما كتبه عن نظرية التطور لكي ينقده ، وكأنه أحس أن داروِن اقدر من يستطيع القيام بهذه المهمة .

وفوجيء العالم الكبير مفاجأة ضخمة . ان هذه الجهود التى كان يفرغ لها أقدس مكان من قلبه ، وذلك العلم الذى كرس له أكثر من عشرين عاما ، كل ذلك لم يعد سرا من أسراره . ان هناك طارقا جديدا يريد أن يحتل مكان الصدارة قبله . وجد داروِن نفسه في موقف حرج ، وكانت فكرته الأولى ، النابعة من خلقه القويم أن ينسحب تماما من الميدان ويترك المجد كله لوالاس . وأصر على قوله : « انني أفضل أن أحرق كتابي بأكمله ، ولا أن يفكر انسان أنني قد تصرفت تصرفا خسيسا » . ومن حسن الحظ أن داروِن لجأ الى صديقيه ليل وهوكر لاستشارتهما قبل أن يقدم على تنفيذ رأيه . وكان العالمان على دراية بجهود داروِن خلال السنين الطويلة الماضية ، وأقنعاه بأن يقدم ملخصا لآرائه ، مع رسالة والاس ، الى جمعية ليتياس . وهكذا أعلنت نظرية كل من الرجلين داروِن ووالاس في وقت واحد .

★★★

وعندما اجتمعت الجمعية لم يدر كثير من الجدل حول الرسالتين ، وان سرت موجة هادئة من التحمس . وبالرغم من الألم الذى اعتصر قلب داروِن نتيجة لوفاة ابنه تشارلز ، واصل جهوده لتفسير آرائه بشكل أعمق فى كتاب متكامل . ومن الطريف أن داروِن أعطى لهذا الكتاب عنوانا هو « ملخص لبحث عن أصل الأنواع » مصرا على أنه مجرد مقدمة

لكتاب أكبر كثيرا . كانت أكوام الحقائق التى عثر عليها تعتمل فى ذهنه ، وكان الحماس لكل هذه الحقائق يملؤه ويفيض عليه ، وآثر ألا يضع كل آماله فى هذا الكتاب الذى أسرع بكتابته ، وكان يشير دائما الى الكتاب « الحقيقى » الذى سيوضح كل ما نقصه الوضوح .

والواقع أن مخاوف داروين كانت مجرد أوهام ، فما ان صدر كتاب « أصل الأنواع » (وهو العنوان الذى اختاره الناشر الذكى) ، فى نهاية عام ١٨٥٩ ، حتى نفدت الطبعة الأولى فى يوم واحد . ان هذا الكتاب الذى قدمه داروين على استحياء سرعان ما اعترف به كأحد الأعمال العظيمة التى أنتجتها البشرية . ولم يمض وقت طويل حتى تنهد داروين بسعادة وبدأ ينسى ذلك السفر الضخم المثالى الذى كان يتصور وجوب كتابته لاقناع الرأى العام بآرائه . والواقع أن الرأى العام ، بل والعلماء ، وجدوا أن كتاب « أصل الأنواع » على قدر كبير من الدسامة . وهكذا لم يكن ثمة داع لكتابة ذلك السفر الذى يعلو على كل الأسفار . وفى نهاية الأمر اتفق العلماء فى العالم مع رأى هكسلى الذى قال بمجرد قراءته لكتاب داروين : « كم نحن أغبياء لأننا لم نفكر فى ذلك من قبل ! » . وهذا ما يحدث كثيرا فى العلم .. يأتى العالم الخلاق فيجمع حقائق ليست جديدة فى فكرة خلاقة جديدة ، وتبدو أمام الناس أضواء جديدة تنير لهم العالم فتتغير نظرتهم اليه .

ولم يحدث من قبل أن صادف مفهوم فلسفى عظيم ذلك الطالع الحسن الذى صادفته الداروينية ، ذلك أنه بالرغم من

أن الناس أعتادوا ابراز الزوبعة التي ثارت بين رجال الدين ورجال العلم بمجرد صدور الكتاب ـ تلك الزوبعة التي يوجزونها في ذلك الجدل الذى دار في أكسفورد بين القس ويلبرفورس وتوماس هكسلي ـ نقول انه بالرغم من ذلك كان الواقع أن الدارونية وجدت قبولا حسنا لدى العلماء وأغلب الرأى العام • كان الطريق ممهدا نتيجة جهود ليل المتواصلة وشعبية كتاب تشامبرز « الآثار » • وزيادة على ذلك ، فان دارون كسب الى جانبه هوكر العظيم وهكسلي وهما أكبر مجادلين علميين • أما ليل ، وهو أكثر حذرا ، فقد عاون في نشر آراء دارون ولم يهاجمه على الاطلاق • وكذلك وقفت آساجراى ، وهي عالمة أمريكية بارزة في علم النبات ، الى جوار دارون تدافع عنه • ومن الجميل أن تذكر أن والاس ، بقلبه الكبير ، هو الذى عبر عن نظرية دارون بالدارونية وقال ، ان الدور الذى لعبه في صياغة هذه النظرية لا يتعدى « أسبوعا واحدا من عشرين عاما » •

وقفت هذه المجموعة القوية تدافع عن دارون أمام الرأى العام على حين ظل هو بعيدا عن المعركة • ومن ضيعته المنعزلة كان يجيب على الخطابات وكان يستمع الى تلك الزوبعة التي تبدو في الأفق • وبالرغم من أنه كان يقدر بعمق جهود صحبه في الدفاع عنه ، الا أنه أسر يوما الى هوكر أنه « يعجب كيف يستطيع المرء أن يجادل هكذا أمام الرأى العام كما لو كان خطيبا » • وكتب اليه أحد علماء النبات المشهورين ، هيويت واتسون ، بعد فترة وجيزة من ظهور كتاب «أصل الأنواع» ، رسالة جاء فيها : « لا شك أن فكرتك الرئيسية سيعترف بها كحقيقة من الحقائق العلمية •

ان فكـرة « الانتقـــاء الطبيعى » تتميز بكل ما تتميز به الحقائق الطبيعية العظيمة ، فهى توضح ما كان غامضـا ، وتبسط ما كان معقدا وتضيف الشيء الكثير الى معلوماتنـا السابقة • انك أعظم ثائر فى التاريخ الطبيعى خلال هـذا العصر ، ان لم يكن خلال كل العصور » •

وكأنما كانت كلمات واتسـون الهـاما عميقا ، فنحن نقبلها اليوم كما هى دون أى تغيير • وما أن انقضت سنوات عشر منذ نشر « أصل الأنواع » ، حتى ذاعت شهرة دارون فى جميع بلدان العالم ، وصارت نظرية التطور بمثابة النجـم الهادئ لكافة الدراسات فى علم الحياة •

ونحن إذا أردنا أن نلخص ما حققه كتاب دارون ، فاننا نقول انه أثبت حقيقة التغير التطـورى بشـكل لا يحتمـل الجدل ، هذا الى جانب أنه أوضح أن قاعدة الانتقاء الطبيعى يمكن تطبيقها على نطاق واسع ان لم يكن على نطاق عام • ان فكرة الانتقاء الطبيعى قضت على البلبلة التى زحفت الى علم الحياة نتيجة دخول فكرة الخلق المستقل للأنواع • ان الشاب الذى لاحظ باهتمام عام ١٨٣٢ « أن هنـاك ثلاثة أنواع من الطيور تستخدم أجنحتها فيما هو أكثر من الطيران؛ فالبطة تستخدم أجنحتها كمجدافين ، والبطريق يستخدمهما كزعانف والنعامة تستخدمهما كشراع » ؛ ان هذا الشاب قد عثر على الاجابة السليمة للمشكلة فى عبارة « التعـديلات التى تطرأ فى أثناء الانحدار » • ويقول دارون فى هـذا الصدد : «ان المرء ما ان يعترف بحدوث تعديلات فى الكائنات، حتى يجد نفسه مضطرا الى أن يستمر فى سلسلة التطور دون

أن يستطيع التوقف » . خطوة اثر خطوة يجد المرء نفسه مضطرا الى أن ينحدر فى سلم الحياة حتى يصل الى أكثر أشكال الحياة بدائية . وكذلك خطوة اثر خطوة يرتفع المرء فى سلم التطور من سمك الردغة الى الزواحف الى الثدييات حتى يصل الى الانسان .

★★★

وعندما كتب دارون «أصل الأنواع» كان حذرا فتجنب الاشارة الى الانسان ، وبعد اثني عشر عاما كانت نظرية التطور قد صارت عميقة الجذور فنشر دراسة عن تطور الانسان عنوانها « انحدار الانسان » . وكان هكسلى قد سبقه فى هذا الميدان بنشر كتابه « دلائل عن وضع الانسان فى الطبيعة » (١٨٦٣) . وبالرغم من أن كتاب هكسلى كان مختصرا الا أنه كان رائعا فى وضوحه وتناوله الأمور بشكل مباشر . وعلى العكس من ذلك كان كتاب دارون غير متماسك وزاخرا بالتفاصيل ، بل انه كان متناقضا فى بعض أماكنه ، كما لو كان المؤلف وضع مذكراته الواحدة الى جانب الأخرى دون أن يقرأ الأصول مجتمعة ويخرج منها كلا متماسكا .

واحدى نقائص ذلك الكتاب أن دارون عجز عن التمييز الواضح بين الوراثة البيولوجية والتأثير الحضارى على سلوك الانسان وتطوره . ومن الواضح أن دارون شارك علماء الحياة فى عصره ذلك الخطأ ، فقد كان علم الانسان مازال وليدا . ولقد أوضح كتاب دارون بطريقة عامة وجود علاقة بين الانسان والرئيسيات ، وان ترك هذه العلاقة يعتورها

الغموض • وعلينا أن نتذكر ، على أية حال ، أنه لم تكن قد كشفت بعد أية حفائر للانسـان الاول • وكان عـلى دارس التطـور اذ ذاك أن يقتصر ، الى حد كبير ، عـلى المقـارنات الشكلية بين الانسان الحالى من جهة والقردة العليا من الجهة الأخرى • ومن هنا كثرت التكهنات المتعلقة بحدود الانسان الاولى • ولم يكن من العجيب أن يتصورهم البعض كحيوانات أشـبه ما تكـون بغوريللا ذات قواطع هائلة ، ولم يكن من العجيب كذلك أن يتذبذب داروين بين هذه التصورات وبين آراء أخرى أقرب الى المعقول •

وعلى المـؤرخ النزيه أن يسـجل أن داروين لم يكن فى قمته عندما عالج الانسان ويقول أحد نقاد القرن التاسـع عشر فى هذا الصدد : « كانت دنيا داروين مليئة بالحشرات والحمام والقردة والنباتات الغريبة ، أما الانسان فلم يكن له مكان فيها » • واذا سمحنا لأنفسنا أن نتغالى بعض الشىء مع ذلك الناقد ، فاننا نرجح أن داروين كان يجد فى كتابة كتاب عن دودة الأرض متعة تفوق متعته حين يتأمل فى ذلك الكائن العنيد الذى يستطيع الرد على الحجة بمثلها ، وخاصة اذا كانت الحجة لا تقوم على قدميها • وعلى أية حال ، فما كان لرجل يشكو من الأرق وآلام المعدة أن يتصدى لدراسة نوعه • ومن الأفضل ، على الأقل ، أن ينتظر حتى يتحجـر الانسان ويصبح جزءا من الطبقات الجيولوجية •

وكان داروين يعرف ذلك ، وترك لندن لكى يعمل فى سلام بعيدا عن الضجة • وعنـدما كان يعـالج النبـاتات المتسلقة ، أو نباتات الأوركيد المعقدة ، أو ورد الشمس الذى

يقتنص الحيوانات ، لم يكن يلقى هجوما من الميتافيزيقيين ، ولم يكن يجابه عبارات تلقى فى وجهه عن الأخلاق أو الدين · ولم يكن داروين بطبيعة الحال يرغب فى استبعاد الانسان عن النظام التطورى الذى وضعه ، ولكنه كان يكتفى بوضع الانسان كمجرد جزء من تلك الكلمة الواسعة المتعددة الاشكال وهى « الحياة » · وكان يترك للفلاسفة علاج الجوانب الاخرى للانسان · وشكا يوما الى أحد اصدقائه قائلا : « كثيرا ما حنقت على الطريقة التى يتحدث بها الناس (ومنهم ليل) عن ذلك الكائن الذى يسمى الانسان ، انهم يتحدثون عنه كما لو كان يحتل فى مسرح الحياة مكانة أهم ، من الناحية الجيولوجية ، من بقية الحيوانات الثديية » ·

وان شهرة داروين باعتباره واضع نظرية التطور ، تخفى حقيقة لا شك فيها وهى أنه كان من اعلم العلماء الطبيعيين فى عصره ، بل وفى كل العصور · كان يتمتع بقدرة رائعة على رؤية المشاكل العميقة فى أبسط الأشياء ، وأفضل مثل على ذلك تلك الدراسة التى قام بها عن حركة النباتات ونشرها قبل أن يموت بعامين · لقد قام بعدد من التجارب المبدعة ذات الأهمية الكبيرة فى علم النبات التجريبى ، وذلك على النباتات اللفافة التى لم تكن قد درست بشكل كاف · ولعل السبب فى نجاح داروين هو المقارنات المستمرة التى كان يجريها بين النبات والحيوان · وهناك قصة طريفة تروى لتبين كيف كان داروين أقوى ملاحظة من معاصريه · كان داروين يشرح لهكسلى وزميل آخر كيف يقوم نبات « الدروسيرا » ، أو ورد الشمس ، بالامساك بالحشرات باستخدام شعيراته اللزجة · وكان الزائران يستمعان الى

داروين كما لو كان قد أصابه « مس » . وفجأة صرخ هكسلى وكله عجب : « انظروا .. ان النبات يتحرك فعلا » .

★★★

وعندما يحيط المرء بذلك الطريق الطويل الذى سلكه داروين لكى يصل الى كشفه العظيم ، يعجب للدور الكبير الذى لعبته الجزر المحيطية فى هذا الكشف .. وكثير من الناس يهملون ذلك الدور لحد كبير . ويعتقد البعض أن كلمة « التطور » تعنى شيئا حدث فى الماضى ، شيئا يرتبط بالقردة المتحجرة والديناصورات ، شيئا نعثر عليه فى الصخور والجبال المتحاتة ، شيئا يكمن فى تاريخ عالم من صنع صائد العظام ؛ أى عالم الحفائر . ومما يدعو الى العجب ان عالم الحفائر هذا هو الذى وقف متحديا داروين والنظرة التطورية . ولم يكن علم الحفريات متقدما كما هو اليوم ، ولذلك فقد كان السجل الجيولوجى مليئا بالثغرات . وكان نقاد داروين يصرخون فى وجهه قائلين : « أين هى هذه الحلقات ؟ أين حلقاتك المزعومة بين القرد والانسان ، بين الحوت وحيوانك الأرضى المفقود ؟ أرنا هذه الحفريات وبرهن على ما تقول » . وكان داروين يجيب عليهم قائلا : « هذا هو أوضح وأخطر اعتراض يوجه الى نظريتى ، غير أننى اعتقد ان التفسير يكمن فى الثغرات الكبيرة الموجودة فى السجل الجيولوجى » . وكان لابد من العثور على دليل اتصال الحياة فى مكان آخر غير السجل الجيولوجى . ولعبت الجزر المحيطية دورا مهما فى هذا السبيل .

وكان المفروض ، قبل داروين ، أن النباتات والحيوانات الموجودة على هذه الجزر تعتبر دليلا على اتصال قديم بين هذه

الجزر وبين القارة القريبة . غير أن دارون لاحظ عددا من الأمور ، لاحظ أن هـذه الجزر تخلو من رتب بأكملهـا من الحياة الموجودة على القارة ، كما لاحظ أن بعض النباتات العشبية على القارة قد نمت الى أشجار خشبية على هذه الجزر ، ولاحظ أخيرا أن الحيوانات الموجودة على الجزر تختلف عن مثيلاتها الموجودة على القارة .

وكان الشيء الذى لفت نظره وحيره أكثر من أى شيء آخر هو ذلك التباين الموجود فى مناقير الشراشـير الموجودة فوق هذه الجزر . رأى لهذه الشراشير مناقير ببغائية وأخرى مقوسة وأخرى مستقيمة وغيرها صـغيرة ، منـاقير تصـلح لأغراض متباينة . ولم يكن ذلك التباين فى المناقير يلاحظ فى مكان الا على هذه الجزر ، ولابد أنها تكونت هنـاك . وكان تعليق دارون على ذلك : « بوسع المرء أن يتخيل أنه من ضمن الطيور الأولى التى كانت موجودة على الجزر ، أخذ نوع من الأنواع يعانى تعديلات كثيرة كل منها يهدف الى غرض بعينه » . تحولت هذه الطيور ، خلال المعركة القائمة من أجل البقاء فوق الجزر الصغيرة ، الى أشكال متباينة تستطيع أن تحصل على غذائها وتحيا تحت ظل ظروف بيئية محليـة خاصة . ولقد قال عالم الطيور دافيد لاك فى هذا الصدد : « ان شراشير دارون تكون عالما صغيرا خاصـا بهـا ، ولكنه يعكس بوضوح خصائص العالم الكبير » .

ولا جدال فى أن ادراك دارون للمدلولات الموجودة فى ذلك العالم الصغير ، حيث القوى التى تعمل لخلق كائنـات جديدة تبدو واضحة للعيان ، كان شيئا ضروريا لوصـول

دارون الى كشفه المتعلق بأصل الأنواع . ان الأنواع المتداخلة المتشابكة من الحياة فوق سطح القارة تختزل لحد كبير في الجزر فيستطيع المرء أن يلاحظ بشكل أنجح العوامل المؤثرة . ولقد أكد دارون مرارا وتكرارا الدور الذى لعبته هذه الجزر فى صياغة تفكيره . وذكر لصديقه ليل فى يوم من الأيام أنه ما من شيء يساعد التاريخ الطبيعى قدر « التجميع بعناية ودراسة كل أشكال الحياة التى نجحت فوق أكثر الجزر انعزالا .. ان كل قوقعة هناك ، وكل نبات له أهمية قصوى » .

ان دارون ولد فى وقت مناسب تماما للرحلات العلمية العظيمة ، فلو أنه جاء قبل ذلك لاستحال عليه أن يقرأ ما تدلى به هذه الجزر من أسرار ، ولو أنه تأخر عن ذلك لوجد أن هذه الأسرار بدأت فى التلاشى والاختفاء . واليوم يتلاشى سكان هذه العوالم الصغيرة ، ودون أن يتعمق الانسان فى دراستها فى كثير من الأحيان . ان الانسان قطع على هذه الكائنات وحدتها وحمل معه القطط والجرذان والماعز والخنازير والحشرات والأعشاب من القارات . وأمام هذه الضيوف الأكثر تحملا والأكثر عنفا والأكثر عدوانا ، تلاشت الحيوانات والنباتات الغريبة والجميلة التى كانت تقطن هذه الجزر المنعزلة دون أن تترك أثرا . فالسلحفاة الهائلة التى كانت فى جزر الجالاباجوس اندثرت تقريبا ، كما اندثرت السحالى التى كان دارون يلعب بها . وكادت بعض الشراشير الصغيرة الغريبة والنباتات النادرة هناك أن

تختفي . وفي جزيرة مدغشقر بدأت الليمورات ، أقرباؤنا البعاد ، التى انبثقت منها أشكال غريبة كثيرة ، بدأت في الاندثار نتيجة للقضاء على الغابات . وحتى في استراليا لعب الانسان دورا كبيرا في افناء بعض الحيوانات الأصيلة هناك . ان عوالم روبنسن كروزو ، حيث تحيا الكائنات في تكامل ودون خوف من الانسان ، اندثرت نهائيا . وحيثما كانت تغرد العصافير والطيور صارت النفاثات تزأر وتهدر ، وحيثما كانت تختفي الحيوانات المختلفة كمنت الطائرات وقاذفات القنابل . كم كان داروِن يتولاه العجب لو رأى تلك الأماكن بشكلها الحالي !

أما عن أفكار داروِن في السياحات الأخيرة من حياته قبل أن يتوفى عام ١٨٨٢ ، وهو يصارع قلبه الضعيف ، فنحن لا نعرف الكثير . ولا يسع المرء الا أن يتساءل عن الصور التى كانت تبرز أمام عيني الرجل الذى لم يؤمن بالجنة وهو يودع ذلك العالم ، هل كان يرى مرتفعات جزر الجالاباجوس السوداء التى وصفها فيتززوى بأنها « أنسب مكان لمجمع الشياطين » . وما من شخص سيرى هذه الأماكن كما رآها داروِن : أراضي تحرقها الشمس الاستوائية القاسية وفوقها تعج الزواحف السوداء التي خلقت منذ القدم ثم فقدت . وفي يوم من الأيام صرخ داروِن وكله انفعال وقال : « يا لهذا الكتاب الذى خطته يد شيطان ، كم هو ملىء بالأراضى الجرداء المنخفضة القاسية الكئيبة ! » ولم يتحدث داروِن أو يكتب بهذه الطريقة مرة أخرى . كان ذهنه أميل الى أن يتذكر هذه الأماكن وطائر الفردوس يرشف الماء من

أنامه بين يديه • وعندما حانت نهايته قال هـذه الكلمـات برباطة جأش : « اننى لست خائفا من الموت » •

كانت هذه هى الروح التى سيطرت عليـه عندما قام برحلته العظيمة أيام شبابه ، ولعلها كانت تكفيه وهو يقوم برحلته الأخيرة •

بافلــــوف

يعتبر ايفان بتروفتش بافلوف ، الفسيولوجي الروسي العظيم ، أحد الشخصيات النادرة في العلم التي انتشرت أعمالها في جميع البلدان في أثناء حياتها . حقا ان اسم بافلوف يجعلنا نتذكر فورا كلبه الصغير الذي يفرز العصارة من فمه بمجرد سماعه قرع الجرس ، ولكن ذلك الاسم يجعلنا نتذكر قبل ذلك وبعد ذلك المساهمة العظيمة التي أسهم بها في العلم ، وهي مرتبطة أوثق الارتباط بما يسمى « الانعكاس الشرطي » .

والواقع أن بحوث بافلوف تركت أثرا لا يمحى على علم الفسيولوجيا وعلم الأعصاب وعلم النفس . وبالرغم من شهرته الواسعة ، لم تكن أعماله معروفة على وجه الدقة خارج بلاده . ومن الواضح أن المرء لا يستطيع أن يعرض في مثل هذا المقال أعمال بافلوف بشكل شامل ، ولذلك فاننا سنكتفي ببعض الذكريات الخاصة عن بافلوف ، كما سنقيم بعض بحوثه الأكثر أهمية .

كان بافلوف رجلا ذا مواهب متعددة واضحة ، متوقد الذهن قوي الذاكرة مليئا بالنشاط والحيوية ، ولكنه ظل

مع ذلك ، الى نهاية حياته بسيطا كل البساطة متواضعا كل التواضـــع . كأن معمله في لينتجراد ، حيث عملت تحت اشرافه ، خلية من نحل . وبالرغم من أنه كان في الثمانين من عمره الا أن حماسه لم يفتر للبحـوث العلمية ، وكان ينشر ذلك الحماس من حوله . كان الروح المحـركة لأغلب البحوث التي تتم في المعمل ، ولم يكن يتــورع عن الرقص طربا وهو يرى تجربة تكلل بالنجاح . وكان معمله منظمـا كل التنظيم ، ففي كل أربعاء يجتمع معاونوه ، وهم عشرات من العلماء ، لمناقشة مشاكلهم وتبادل الآراء بخصــوصها . وكان بافلوف ، ذو الموهبة العجيبة عـلى التحـدث ، يدهش زملاءه . كان يحارب بكل قوة من أجل الآراء التي يؤمن بها ، وكان يسوق الدليل تلو الدليل ليبرهن على رأيه ، ولكنه في نفس الوقت كان يســارع بالاعتراف بخطئه اذا ما تبين له ذلك .

وهناك قصة كثيرا ما تروى لأنها تعبر بشكل طريف عن موقف بافلوف العام بالنسبة لما يقوم به من أعمال : كان يقوم بدراساته الاولى المتعلقة بالجهاز الهضمي ، ووجد أن حمض الايدروكلـوريك يؤثر في الاثنى عشر ويجعــل البنكرياس يفرز عصارته . واعتقــد بافلوف أن الحمض يؤثر بطريقة أو بأخرى على الجهاز العصبي فتحدث النتيجة المشـاهدة وهي ذلك الافراز . وبعــد فترة من الزمن بين العالمان الانجليزيان السير وليام بيليس وارنست ستارلنج أن افراز البنكرياس يحدث نتيجة أثر هرموني : فعنــدما يلامس حمض الايدروكلوريك الغشاء المخاطي للاثنى عشر ، فانه يدفعه الى أن يفرز هرمونا يسمى « سـيكرتين » وأن

هذا الهرمون هو الذى يدفع البنكرياس الى الافراز . وقال بافلوف أول الأمر ان هذا أمر مستحيل ولا يعقل ، غير أنه أعاد تجارب العالمين الانجليزيين ورأى أن استنتاجهما سليم، وعندئذ قال محنقا ، والعجب والتأنيب الذاتى يسيطران عليه ، ودون يا جسد أو غل : « ويعد ، لسنا نحن الوحيدين الذين نكشف الأشياء الجديدة ! » .

★★★

ولد بافلوف عام ١٨٤٩ فى مدينة ريازان بأواسط روسيا ، وكان أبوه قسا أرثوذكسيا من قساوسة القرى ، وكان من الطبيعى لأن أن يتلقى بافلوف تعليمه فى معهد دينى ، ولكنه سرعان ما تبين أن ميوله تتجه الى ناحية أخرى ؛ فالتحق بكلية العلوم الطبيعية فى جامعة سانت بيترسبورج . وواصل دراسة الطب فى الأكاديمية العسكرية الطبية وتخرج فيها عام ١٨٧٩ . وقام بافلوف بأول بحث له ، وهو بعد طالب ، فى فسيولوجيا الدورة الدموية . وعين من ضمن موظفى عيادة الأمراض المتوطنة . ولقد أوكل رئيس العيادة الى بافلوف أن يشرف على تنظيم معمل الفسيولوجيا ، حتى يتم الربط بين النظرية والتطبيق فى العيادة . ولقد أجرى بافلوف أغلب بحوثه الأولى فى ذلك المعمل الصغير فى عيادة سانت بيترسبورج . اللهم إلا خلال عامين بين ١٨٨٤ ـ ١٨٨٦ اشترك فيهما مع العالم الفسيولوجى الألمانى كارل لودفيج فى مدينة ليبزيج .

كانت الامكانات المعطاة له من نوع بدائى جدا ، فالمعمل لم يكن أكثر من مبنى خشبى لا يختلف كثيرا عن

الكوخ ، وكان عليه أن يوفر المال اللازم لبحوثه من مرتبه الضئيل ، ولم يكن ثمة معاونون منتظمون . وبالرغم من ذلك ، استطاع ، بفضل طاقته الجبارة ومثابرته وتفانيه في عمله ، أن يشق طريقه ويصل الى كشوف هامة اكسبته شهرة لا تتناسب مطلقا مع ذلك المعمل المتواضع الذي يعمل فيه . وفي عام ۱۸۹۰ عين أستاذا لعلم العقاقير في الأكاديمية العسكرية الطبية ، وفي عام ۱۸۹۱ عين رئيسا للمعمل الفسيولوجي بمعهد الطب التجريبي الذي أنشىء اذ ذاك في سانت بيترسبورج .

وما ان حلت نهاية القرن التاسع عشر حتى كان بافلوف شخصية يعترف بها كواحد من أبرز علماء الفسيولوجية في العالم . وفي عام ۱۹۰٤ حصل على جائزة نوبل تقديرا لجهوده في فسيولوجيا الهضم . وفي عام ۱۹۰۷ انتخب عضوا في أكاديمية العلوم الروسية ، وأصبح بعد ذلك مدير المعهد الفسيولوجي التابع للأكاديمية ، وظل في هذا المركز حتى نهاية حياته . وفي العقد الرابع من القرن الحالي شيدت له محطة فسيولوجية في كولتوزى ، التي تسمى الآن بافلوفو، بالقرب من ليننجراد .. وفي فبراير من ۱۹۳٦ أصابه التهاب رئوى ، ومات وعمره ۸۷ عاما .

اذا تجاوزنا عن دراسات بافلوف الأولى الخاصة بتنظيم ضغط الدم ، وهي بحوث طريفة وان لم تكن ممتازة بشكل خاص ، ففي مقدورنا أن نقسم نشاط بافلوف العلمي الى مرحلتين : المرحلة الأولى من العقد الثامن الماضي الى عام ۱۹۰۳ ، وكرس بافلوف فيها نفسه للدراسة المفصلة لوظائف

القناة الهضمية . ومنذ عام ١٩٠٢ حتى وفاته كان يسبر أغوار فرع جديد من فروع المعرفة خلقه هو ، ذلك هو فسيولوجيا النشاط العصبى الراقى .

ومن المعلوم أن بحوث بافلوف حول افرازات القناة الهضمية صارت الأساس الذى تقوم عليه معارفنا الحالية فى هذا الميدان . وكانت تسيطر على بافلوف ، خلال تلك الدراسات ، وكذلك خلال بحوثه اللاحقة فى الجهاز العصبى ، عدة مبادىء وأفكار قد لا يعود اليه الفضل الكامل فى وضعها ، ولكن له الفضل فى تطويرها بشكل واضح .

أما أول هذه المبادىء فهو أن الكائن يقوم بوظائفه كوحدة متكاملة ، وأن فحص الأعضاء المنفصلة فى ظروف صناعية تجرى خلالها التجارب لا يمكن أن يؤدى الى فكرة سليمة عن كيفية سلوك الأعضاء ، وهى تعمل بشكل طبيعى فى جسم الكائن . ولذلك فان بافلوف كان يحاول دائما أن يقوم بتجاربه الفسيولوجية تحت ظل ظروف أقرب ما تكون الى الظروف الطبيعية . وعند قيامه بتجاربه المتعلقة بالقناة الهضمية لجأ الى عدد من العمليات المبقرية التى تهدف الى أن يظل عضو الحيوان يقوم بوظيفته بشكل طبيعى أثناء اجراء التجربة عليه . لقد عثر ، مثلا ، على وسيلة تجعل قنوات الغدد اللعابية والبنكرياس تصب فى الخارج دون أن تنتزع هذه الأعضاء من الجسم ، كما تمكن من أن يعزل جزءا من هذا العضو أو ذاك دون أن ينزعه من ارتباطاته مع الجهاز العصبى . واحدى تجاربه الشهيرة تسمى « كيس بافلوف » ، وفيها عزل جزءا من معدة كلب وكون من ذلك الجزء كيسا فتحته فى جدار البطن وتصب الى

الخارج . والشبكة العصبية فى ذلك الكيس سليمة تماما بحيث ان العمليات الافرازية التى تتم فى المعدة التى تتلقى الغذاء ، تتم بالضبط فى ذلك الكيس ، بالرغم من عدم وصول غذاء له ، ومن ثم يمكن الحصول على الافرازات ودراستها بمنتهى الدقة .

ومن الواضح أن نجاح مثل هذه العملية وبقاء الكلب فى صحة جيدة كان يتطلب درجة عالية من النظافة والتطهير، كما كان يتطلب العناية التامة بالحيوان بعد العملية . وبالرغم من أن هذه الفكرة تعتبر اليوم شيئا عاديا ، فقد كانت حقا فكرة مبدعة فى زمن بافلوف .

أما المبدأ الثاني الذى كان يهدى بافلوف في كل بحوثه فيسمى مبدأ « العصبية » ، وهو يفترض أن الجهاز العصبى يتحكم في كل وظائف الجسم . وعلينا أن نتذكر أن الدراسات المتعلقة بالغدد الصماء كانت فى مهدها اذ ذاك . كان بافلوف يعتقد أن الجهاز العصبى هو الذى يتحكم فى نشاط الكائن وينظمه ويجعل منه كلا متكاملا ، ولهذا فانه كان دائم الاهتمام بتوضيح دور الأعصاب . وفى احدى تجاربه الجميلة قام باجراء عدة عمليات على الجهاز الهضمى للكلب بهدف دراسة النظام الذى تفرز به المعدة عصاراتها . فصل بلعوم الكلب عن المعدة وأوصله للخارج بحيث لا يصل الغذاء الذى يتناوله الكلب بفمه الى المعدة ولكنه يسقط مرة أخرى الى الخارج عن طريق فتحة البلعوم . وفى نفس الوقت وضع أنبوبا يصل المعدة الى الخارج لدراسة سلوك المعدة والافرازات التى تتكون بها . ووجد أنه بالرغم من أن الغذاء

لا يصل الى المعدة فعلا ، فان المعدة تفرز عصاراتها متأثرة بمضغ الكلب للطعام والعمليات الأخرى التى تصاحب تناول الغذاء · وأثبت بافلوف ان الأعصاب الحائرة هى التى تؤدى الى حدوث ذلك الأثر ، ذلك أنه فى حالة قطع هذه الأعصاب يتوقف افراز المعدة فورا بالرغم من استمرار الكلب فى تناول الغذاء · وان انكباب بافلوف على وضع نظرية الدور المركزى للجهاز العصبى قد يفسر لنا عجبه وعدم تصديقه لكشف بيليس وستارلنج أن الهرمونات تلعب كذلك دورا فى عملية الهضم ·

أما المبدأ الثالث الذى كان يضيء الطريق لبافلوف فهو ايمانه أن التجارب الفسيولوجية ذات مدلول كبير بالنسبة للطب التطبيقى · هذه الفكرة التى يقبلها الجميع اليوم بكل بساطة ، لم يكن متفقا عليها اذ ذاك ، على الأقل فى روسيا ·

★★★

وكان من الطبيعى ان ينتقل بافلوف ، بعد نشاطه المتعلق بالجهاز الهضمى ، الى دراسة الجهاز العصبى وتمحيص الافعال المنعكسة الشرطية ، أى الى المرحلة الثانية من جهوده العلمية · وتفسير ذلك أن بافلوف تأثر كثيرا بكشفه الخاص بافرازات الغدد اللعابية والعصارات المعدية فى الكلب ، وكيف أن هذه الافرازات لا تتم فقط عندما يلامس الغذاء الغشاء المخاطى للفم والمعدة ، ولكنها تتم كذلك بمجرد رؤية الكلب للطعام أو بمجرد حدوث أية اشارة مرتبطة بتقديم الغذاء · يتضح من ذلك أن الافرازات الهضمية ، التى اعتبرها بافلوف ظاهرة فسيولوجية بحتة ، قد تقوم على أساس نفسى وترتبط بالخبرات التى اكتسبها الكلب ·

كانت هذه الفكرة شيئا مذهلا بالنسبة لعالم الفسيولوجيا في ذلك الوقت ، ذلك أن علم الفسيولوجيا وعلم النفس كانا يعتبران ميدانين منفصلين تماما . كان علم الفسيولوجيا يقتصر اهتمامه على معالجة الاستجابات الفطرية التي تحدث في جسم الكائن وخاصة تلك التي تتحكم فيها الأجزاء الدنيا من الجهاز العصبي ؛ أما الاستجابات المكتسبة أو التي تعلمها الكائن فتقع في ميدان علم النفس . وواجهت بافلوف مشكلة محيرة : هل يجب عليه أن يدع الوسائل الفسيولوجية ويتحول الى الوسائل النفسية لكي يدرس السلوك الهضمي للكلب ؟ لم يكن يستطيع أن يفعل ذلك ، لأنه لم يجد ثمة وسيلة للتأكد من نظريات علم النفس عن طريق التجربة .

وبعد تردد طويل قاس عثر بافلوف على حل جريء رائع للمشكلة . انه سيعالج المشاكل النفسية باستخدام الوسائل الفسيولوجية البحتة . ان افراز اللعاب أو العصارات المعدية ، على أية حال ، ظاهرة واحدة سواء كان أصلها فسيولوجيا أو نفسيا . ودار في ذهن بافلوف أن تطبيق وسائل التجربة الفسيولوجية لدراسة السلوك المكتسب ، قد يفتح ميدانا جديدا هائلا من ميادين البحث العلمي .

وقرر بافلوف أن يركز تجاربه على الغدد اللعابية لأسباب كثيرة مدروسة . كان يعلم من بحوثه السابقة أن الغدد اللعابية شديدة الحساسية وأن نشاطها يتأثر بعوامل محدودة ومعينة لدرجة أكبر من الأجهزة المحركة ، وهي أكثر الأعضاء استجابة للسلوك المكتسب . والأهم من كل ذلك أن بافلوف أدرك أن البحوث المتعلقة بالغدد اللعابية لن تتعرض

كثيرا لخطر التفسيرات النفسية للنتائج ، الشيء الذى كان ينبغى تجنبه بكل الوسائل ٠

وعلى ذلك بدأ بافلوف ومعاونوه دراساتهم المتعلقة بالانعكاسات المكتسبة أو كما كان يسميها الانعكاسات الشرطية « الطبيعية » التى تحدث فى الحيوان بشكل تلقائى عندما يستجيب لمرأى الطعام أو لرائحته مثلا ٠ وبعد ذلك ، وبعد أن تكاملت أساليب بافلوف ، بدأت مجموعته فى خلق الانعكاسات الشرطية كاستجابة لاشارات خاصة مثل دق الجرس أو ضوء المصباح ٠

وسرعان ما توصل بافلوف الى نتيجة هامة هى أن العمليات الشرطية تتم بطريقتين : فهى اما أن تنتج استجابة واما أن تكف الاستجابة ٠ فاذا لم « يقوى » المؤثر الشرطى، أى اذا لم يصاحبه تقديم الطعام ، فان الانعكاس الشرطى سيتلاشى ٠ ولقد أوضح بافلوف أن هذا التلاشى يحدث بنظام خاص أطلق عليه الكف الداخلى ٠

وفى المرحلة الأولى من البحوث ركزت مجموعة بافلوف اهتمامها على خواص الانعكاسات الشرطية المثارة والمكفوفة والعلاقة بينهما ٠ ثم توسعت البحوث بعد ذلك فأحاطت بميدانين جديدين على درجة كبيرة من الأهمية ٠ لقد وضح ، أولا ، عن طريق تكرار نفس التجارب على عدد كبير من الكلاب أن هذه الحيوانات تتباين لدرجة كبيرة من حيث سرعة تكوين الانعكاسات الشرطية ، ومن حيث درجة ثبوت هذه

الانعكاسات ، ومن حيث تأثير الانعكاسات الكفية على الانعكاسات المتكونة ، وهكذا • واستخدم هذا التباين كأساس لوضع تقسيم لنماذج الجهاز العصبى ، وهذا الموضوع كان محل بحوث كثيرة فى السنين الأخيرة • وبذلت جهود فى المحطة البيولوجية فى بافلوفو لتوضيح أن نوع الجهاز العصبى فى الكائن يمكن أن يورث لذريته • وكان الكشف الثانى الذى توصل اليه بافلوف ومجموعته فى العقد الثانى من بحوثهم المتعلقة بالانعكاسات الشرطية ، أنه من الممكن الوصول الى حالة عصبية فى الكلب ناجمة من التضارب بين عمليتى الاثارة والكف •

وادي الكشف الثانى الى اجراء بحوث واسعة فيما يسمى بالحالة العصبية التجريبية ، أعراضها وتشخيصها وعلاجها• وفى هذه التجارب أثبتت الانعكاسات الشرطية المتعلقة بالغدد اللعابية أنها على درجة كبيرة من الحساسية ، وأنها دليل دقيق على حالة الجهاز العصبى العادية وحالته المرضية• وقرب نهاية حياة بافلوف ألحقت بمعامله عيادة تشخيص وتعالج الأمراض النفسية والأمراض النفسية العصبية عن طريق محاولة تحليل مختلف الحالات العصبية فى الانسان على أساس القوانين التى استخلصت من التجارب على الحيوانات • ان بافلوف لم ينس ، فى خضم بحوثه الطويلة المعقدة ، أمله الطويل الأمد • فى استخدام بحوثه على الحيوانات لمصلحة الانسان •

بهذا نكون قد لخصنا الخطوط العامة للانتصارات العلمية الأساسية التى حققها بافلوف ومدرسته • ولا حاجة

بنا الى تأكيد أهمية البحوث التى أجريت على فسيولوجية العمليات الهضمية • غير أننا نلاقى صعوبة أكبر عند تقريرنا لقيمة بحوثه المتعلقة بالانعكاسات الشرطية •

من المعترف به ، بشكل عام ، أن الانعكاسات الشرطية لعبت دورا هائلا فى تطوير علم الفسيولوجيا الحديث ، واليوم تقوم مدارس بأكملها على أساس ما حققه بافلوف فى هذا الميدان • غير أنه نظرا لأن التطبيق الفسيولوجى للانعكاسات الشرطية قد تطور بشكل خاص فى الولايات المتحدة ، فاننى كأوروبى بعيد عن مركز هذه الاتجاهات الجديدة ، أجد نفسى فى موضع لا يسمح لى بمناقشتها • أما فيما يتعلق بالتطبيق العملى لآراء بافلوف فى مجالات الأمراض النفسية العصبية والصحة النفسية والتعليم ، فان علينا أن ننتظر بعض الوقت حتى تتبين قيمة ذلك • وبناء على ذلك فانى سأقتصر على معالجة مدلول الانعكاسات الشرطية بالنسبة للحالات العصبية الفسيولوجية ذاتها •

كثيرا ما كان بافلوف يطلق على تعاليمه الخاصة بالانعكاسات الشرطية عبارة « الفسيولوجيا الحقيقية للمخ » • وكان يرى أن دراسة الانعكاسات الشرطية ليست غاية فى ذاتها ولكنها وسيلة لفهم النظام المركزى الذى يتحكم فيها ، وهو القشرة المخية • وكان بافلوف يعترف بأن هناك وسائل أخرى لدراسة نشاط القشرة المخية ، مثل وسيلة الاستثارة الكهربية للقشرة المخية فى الحيوان غير المخدر ، وأن هذه الوسائل قد تكون ذات قيمة كبيرة ؛ غير أنه كان يرى أن الصورة الحقيقية لنشاط القشرة لا يمكن أن تتضح

الا عن طريق دراسة العضو وهو فى حالته الطبيعية ، كما فى تجارب الانعكاسات الشرطية • وقوى هذا الاعتقاد لدى بافلوف عندما وصل الى نتائجه الباهرة المتعلقة بالقناة الهضمية •

ومن الحقائق الطريفة أن موقف بافلوف ووسائله اتفقت لحد كبير مع آراء ووسائل معاصره الانجليزى الكبير ، السير تشارلز شيرنجتون• والواقع أن كلا منهما قام بدراساته الفسيولوجية على أساس استخدام مؤثرات محددة من الناحيتين الكيفية والكمية ، وعلى أساس الجمع بين هذه المؤثرات ، وكذلك قام كل منهما بدراسة النظام المركزى للانعكاسات عن طريق فحص رد الفعل الذى يحدث فى الحيوان • غير أن شيرنجتون كان يقوم بدراساته على الحيوانات التى انتزعت منها مراكز المخ العليا ، أى على الحيوان الذى لم يبق سوى عموده الفقرى، هذا على حين كان بافلوف يقوم بدراساته على حيوانات لم تمس قشرتها المخية • كان شيرنجتون يدرس النشاط الفطرى للجهاز العصبى ، على حين كان بافلوف يدرس النشاط المكتسب لذلك الجهاز •

★★★

وخلال العقود الأخيرة الماضية تدعمت الأفكار الرئيسية التى قدمها هذان العالمان العبقريان عن طريق التجارب التى أجريت بفضل التطور الكبير الذى طرأ على وسائل البحث الفسيولوجية الكهربية • وعندما كان بافلوف وشيرنجتون يقومان ببحوثهما كانت فكرة « المركز العصبى » ، سواء فى

العمود الفقرى أو فى القشرة المخية ، لا تزيد على عبـارة مفيدة خلقناها للربط بين الاثارة والاستجابة ٠ أما اليوم فان عبارة « المركز العصبى » صارت شيئا ملموسا ومحسوسا لدرجة تتزايد وضوحا باستمرار ولعلنا لسنا بعيدين عن الوقت الذى سيتحقق فيه حلم بافلوف الجميل عن « رؤية » ما يحدث فى المخ خلال جمجمة الانسان السميكة ٠

القسم السادس

ثلاثة من الرياضيين

تشـــارلز بابيج

فى أثنـــاء مهرجان بريطانيـــا الذى أقيم عام ١٩٥١ ، كان يحتل مكان الصدارة فى أحد أقسام معرض العلوم فى متحف العلوم بسوث كنسنجتون ، آلة حاسبة براقة ذات شكل انسيابى تسمى نيمرود · ولو ابتعد الزائر عن المعروضات الرئيسية ، لوجد فى بهو بعيد أحد أسلاف هذه الآلة وقد تراكم عليها الغبار ، وهى عبارة عن مجمـوعة معقـدة من الحلقات والعجلات والقضبان وقد كتب عليها « آلة بابيج للفروق » · وقد صمم هذه الآلة ، عام ١٨٣٣ ، رجل قضى حياته وأضاع ثروته فى محاولة بناء آلات رياضية لم يكن عصره مهيئا لتقبلها ولكن أمكن الآن تحقيقها ·

واســم تشـــارلز بابيج غــير معــروف الا لدى بعض الرياضيين اليوم ·· ولم يدرك قيمـة عمله من معـاصريه الا القليلون، أما جيرانه فى لندن فلم يعرفوا عنه الا أنه عدو لدود لعازفى الأرغن فى الشوارع ؛ وعندما مات نعته جريدة التايمس اللندنية قائلة انه الرجل الذى عاش ثمانين عاما « رغم مضايقات عازفى الأرغن » · ولكن علماء الرياضيات يعتبرونه اليـوم رجـلا متقدما عن عصره ســابقا لأوانه ·

وعندما كتبت مجلة « نيتشر » البريطانية عن الآلات الحاسبة الأمريكية الحديثة كان عنوان المقال «أحلام بابيج تتحقق».

كان بابيج متنوع الميول ، ألف كتابا عن « اقتصاديات المصنوعات والماكينات » ، وضع فيه الأساس لما يعرف اليوم بالبحوث المتعلقة بالعمليات . وقاد حملة كبيرة دعا فيها الحكومة لمساعدة وتمويل البحوث العلمية في وقت كان البحث العلمي يعتبر فيه هواية للمترفين من الرجال ؛ ونشر جدولا للوغاريتمات من ١ الى ١٠٨٫٠٠٠ وهو يستعمل على نطاق واسع ، كما وضع جداول لمعدلات الوفيات وقام بمحاولات تعتبر الأولى من نوعها للدعاية للتأمين على الحياة وشرحه للشعب ، وصمم قطعا للغيار ، واقترح عددا من الاختراعات ، منها وسائل لمنع حوادث السكك الحديدية ونظاما لاشارات المنارات ، ونشر بحوثا فى الفيزياء وعلم طبقات الأرض والفلك وعلم الآثار ، ولكن هوايته الكبرى التي شغلت حياته كانت الماكينات الرياضية أو الآلات الحاسبة .

★★★

ولد بابيج في ديفونشاير عام ١٧٩٢ ، وكان أبوه مصرفيا ، ورث عنه فيما بعد ثروة طائلة . ونظرا لضعف صحته فقد تلقى علومه على أيدى مدرسين خصوصيين الى أن التحق بكلية ترينيتي بجامعة كامبريدج عام ١٨١٠ . وكان فى ذلك الوقت قد هام بالرياضيات ووجد أنه يعرف عنها أكثر من معلمه . وكان أقرب أصدقائه فى أثناء دراسته

بالجامعة معا جون هيرشيل ، ابن عالم الفلك الشهير ويليام هيرشيل ، وجورج بيكوك · وقد تعاهد الطلبة الثلاثة فيما بينهم على أن « يتركوا العالم أكثر حكمة مما وجدوه » · فكان أول ما قاموا به لتنفيذ هذا العهد أن أسسوا الجمعية التحليلية لتشجيع الرياضيين الانجليز على احلال نظام ليبنيتز المستعمل فى القارة الأوربية محل مصطلحات نيوتن الرياضية · كان نيوتن يضع نقطة فوق الرمز للتعبير عن معدل التغير : على حين كان ليبنيتز يضع « د » قبل ذلك الرمز · ولقد قال بابيج انه أسس هذه الجمعية للدعوة « لمبادىء الدائية ضد عهد « النقطة فى الجامعة » · وبالرغم من المعارضة الكبير التى لقيتها الجمعية الا أنها تركت أثرا كبيرا فى تطور الرياضيات فى المستقبل فى انجلترا ·

ولما أيقن بابيج أنه سيهزم فى مسابقة « التريبوس » من زميليه هيرشيل وبيكوك اذا بقى بكلية ترينيتى ، التحق بكلية بيتر هاوس اذ انه رأى من الأفضل له أن يكون الأول فى بيتر هاوس على أن يكون الثالث فى ترينيتى · وبالفعل كان ترتيبه الأول عند التخرج فى بيتر هاوس · واستمر فى الدراسة الى أن حصل على الماجستير عام ١٨١٧ · واستمرت الصداقة بين بابيج وهيرشيل وبيكوك حتى بعد تخرجهم فى الجامعة · ومع أنهم اختلفوا فى السبل التى طرقوها فى حياتهم الا أن ثلاثتهم استمروا حافظين العهد الذى قطعوه على أنفسهم · التحق بيكوك بسلك الكنيسة وسرعان ما أصبح أسقف ايلى · وقرر هيرشيل ، بعد فترة تمرين قصيرة فى المحاماة ، أن يلحق بوالده فى علم الفلك ، وامتاز فى هذا العلم ، وحصل على لقب فارس ، وعين مديرا لدار سك

النقود ، وتجنب كل الخلافات العلمية حتى ان مؤرخيه قالوا عنه ، ان حياته كانت مليئة بالصفاء والبراءة ٠

أما بابيج ، على العكس من ذلك ، فقد أمضى حياة مليئة بالفشل المرير بين الآلة الحاسبة ٠ وقد أشار في احدى المرات في أواخر أيام حياته لبعض أصدقائه أنه لم يمض يوما واحدا سعيدا طيلة حياته ، وتحدث « كما لو كان يكره الجنس البشرى عموما ، والانجليز خصوصا ، والحكومة الانجليزية وعازفي الأرغن أكثر من أى شيء آخر » ٠ والواقع أن حياته لم تكن على هذه الدرجة من السوء ، فقد كان معظم حياته رجلا اجتماعيا ألوفا يميل الى المرح ٠ ويحكى أنه كان في زيارة لفرنسا مع صديقه ميرشيل ، وطلب بابيج بيضتين لكل منهما للأفطار قائلا للساقي : Pour chacun deux قصباح الساقي للطباخ قائلا : Ilfaut faire bouillir cinquante - deuxoeufs pour Messieurs les Anglais (١) ولكنهما تمكنا من ايقاف الطباخ في الوقت المناسب ، ولكن القصة سبقتهما الى باريس وصاحبها كثير من التعديل والتحوير ٠ وعندما سألهما مضيف في أثناء العشاء ، عما اذا كانت القصة التي سمعها عن شابين انجليزيين أكلا ٥٢ بيضة في الافطار محتملة ، أجابه بابيج قائلا : « لا توجد حماقة لا يمكن أن يرتكبها شاب انجليزى بين الحين والآخر » ٠ وكتب أحد أساتذة جامعة أدنبرة بأنه كان مدعوا للعشاء لدى بابيج وأنه « لم يستطع أن يهرب منه في الثانية صباحا الا بمنتهى الصعوبة بعد سهرة غاية في الامتاع » ٠ وكان

(١) يجب سلق اثنتين وخمسين بيضة لكل من السيدين الانجليزيين ٠

يصطحب فى رحلاته الى القارة الأوربية أناسا من مختلف المشــارب ، منهــم الأرستقراطى أو عالم الرياضــيات أو الميكانيكى الماهر ٠

وبالرغم من ذلك ، فان شــغف بابيج واهتمامه بالآلات قد غيرا من طباعه وحولاه من شاب مرح الى عجوز صارم ٠ وقد تملكه شــغفه هــذا أول ما تملكه ، وحسب أصـــدق الروايات ، بعد محادثة عابرة مع صديقه هيرشيل ٠ فقـــد أحضر هيرشيل الى بابيج بعض الحسابات الخاصة بالجمعيــة الفلكية ، وفى أثناء مراجعة هذه الحسابات والأرقام وجدا عددا من الأخطاء ٠ وفى احدى المرات قال بابيج : « اننى أرجو الله أن تتم هذه الحسابات بوساطة البخــار » ، فعلق هيرشيل قائلا : « ان هذا ممكن » ، عندما فكر بابيج فى الأمر ازداد اقتناعه بأنه من الممكن أن تقوم الآلات بحساب وطباعة الجداول الرياضية ٠ ووضــع تصنيفا أوليا لفــكرته الأولى وصنع نموذجا صغيرا يتكون من ٩٦ عجلة و ٢٤ محــورا ، اختصرها فيما بعد الى ١٨ عجلة و ٣ محــاور ٠ وفى عــام ١٨٢٢ كتب رسالة ضمنها فكرته وأرسلها الى سير همفرى دافى ، رئيس الجمعية الملكيــة ، شرح فيهــا فوائد ومزايا « آلة الفروق » واقترح أن يصنع واحدة لــكى تســتخدمها الحكومة ٠ ورحبت الجمعية الملكية باقتراحه ، وأعطى وزير المالية وعدا شفويا بوضع مبلغ من المال تحت تصرف الجمعية لهذا الغرض ٠

ولقد توقع بابيج أن يســتغرق هــذا المشروع ثلاث سنوات ، الا أن الأفكار الجــديدة كانت تطرق ذهــنه دون

توقف ، فيلقى بما أتم من آلته جانبا ، وبعد مضى أربع سنوات لم يكن قد اقترب من هدفه . وقد أقامت الحكومة له بجوار منزله مبنى وورشة لا تؤثر فيهما النار . وبعد زيارة دوق ولينجتون للتفتيش على هذه الورشة أعطته الحكومة منحة أخرى سخية لتمكنه من الاستمرار فى عمله . ولكن بابيج ، بعد فترة ، اختلف مع مهندسه القدير جوزيف كليمنت حول المرتبات ، وكانت النتيجة أن حل كليمنت الورشة وصرف رجاله ورحل ومعه جميع قطع الآلات والرسومات التى كان من حقه القانونى الاستيلاء عليها .

★★★

وفى هذه المرحلة الحرجة خطرت لبابيج فكرة جديدة ، فكرة آلة تحليلية ، أسهل فى البناء ، وأسرع فى العمل ، وتفوق آلة الفروق فى القدرات والامكانات . وتقدم بهذا المشروع بكل حماس الى الحكومة ، وسأل هل يستمر فى آلة الفروق أم يعمل على تنفيذ فكرته الجديدة . واستمر ثمانية أعوام يطالب برد على سؤاله هذا . وأخيرا جاء الرد بأن الحكومة تأسف لأنها قررت عدم المضى فى المشروع . وكانت الحكومة قد أنفقت فعلا ١٧٫٠٠٠ جنيه على هذا المشروع ؛ وكان بابيج قد أنفق أيضا على المشروع ما يوازى هذا المبلغ . وقد أودعت آلة الفروق هذه التى لم تتم ، والتى فقد بابيج اهتمامه بها ، فى متحف كلية الملك بلندن ؛ ثم نقلت رفاتها فيما بعد الى متحف سوث كنسنجتون حيث ترقد الى الآن .

استمر بابيج يعمل عدة سنوات فى آلته التحليلية على نفقته الخاصة ؛ ثم أهملها وبدأ يصمم آلة تحليلية أخرى ،

تحتوى كل التعديلات والتحسينات والتبسيطات التى عثر عليها أثناء العمل فى الآلة الأولى . وعاد يطالب الحكومة أن تمد اليه يد المساعدة ، ولكن وزير المالية لم يوافق . وهنا قال عنه بابيج انه « هيروستراتاس العلم الذى سيرتبط اسمه باسم مخرب المعبد الافيزى ، هذا ان لم يطوه النسيان بين ثناياه » .

ولكن بابيج لم ينته من بناء آية آلة . لقد كان أوسع أفقا من الوسائل التى كانت تحت تصرفه فى ذلك الوقت . كان بابيج يطمع فى شىء أكبر من مجرد آلة حاسبة بسيطة ؛ كان يهدف الى صنع آلة تحسب الجداول الرياضية الطويلة وتطبعها كذلك . وعلق على ذلك قائلا : « ان الآلات التى تقوم بالحسابات العادية .. لن تكون فى مثل فائدة الآلة التى تحسب الجداول » .

كانت آلة بابيج للفروق تطبيقا لنظرية الفروق الثابتة . ولتوضيح هذه النظرية نأخذ مسألة كان من المفروض أن تتمكن الآلة من حلها ، وهى حساب مربعات الأعداد المتوالية أى ١ ، ٢^٢ ، ٣^٢ ، ٤^٢ ، ... الخ . ويمكن الحصول على مربعات الأعداد الصحيحة ، بقدر ما لنا من الصبر على متابعة هذه العملية ، بوساطة عملية اضافة بسيطة ، اذا أخذنا الرقم ٢ على أنه الفرق الثابت . فاذا أخذنا ثلاثة أعمدة ووضعنا فى العمود الأول دائما الفرق ٢ (الذى يمثل الأس الثانى) ، ويبدأ العمود الثانى بالرقم ١ ثم نضيف اليه الفرق ٢ فى كل خطوة تالية . وفى العمود الثالث نحصل على حاصل الجمع الذى يبدأ بالرقم ١ ثم يعطينا الجواب الذى نريده . فمثلا ١ زائد ٢ زائد مربع ١ يعطينا

٤ وهى مربع ٢ ، ٣ زائد ٢ زائد ٤ تساوى ٩ وهى مربع ٣ ، ٥ زائد ٢ زائد ٩ يساوى ١٦ وهى مربع ٤ ... الخ .

III	II	I
	١	
١		← ٢
	٣	
٤		← ٢
	٥	
		← ٢
٩		
	٧	
١٦		← ٢

ان هذه العمليات البسيطة يمكن أن تؤديها الآلة بنفس الطريقة التى يحدد بها عداد المسافات فى السيارة ما قطعته السيارة من الكيلو مترات ، وذلك بحدوث عملية الجمع عند دوران عجلات عليها أرقام . وكان أول نموذج مبدئى صنعه بابيج لآلة الفروق عبارة عن عجلات ذات أسنان على أعمدة تدور بوساطة كرانك ، وكان فى امكان هذه الآلة أن تعطى جدولا لمربعات الأعداد لخامس رقم . ولكن الآلة الأخرى التى اقترح بناؤها كانت على مقياس أكبر بكثير . لقـد كان فى نية بابيج أن تعطى التـبه الأعـداد الى الرقم العشرين وأن تكون فروقها من الدرجة السادسة ، بدلا من الدرجة الثانية . وبالإضافة الى ذلك ، فان كل عدد يظهر فى عمود الاجابات كان سينتقل خلال مجموعة من الأذرع والكامات الى مجمـوعة

من الخــرامات مصنوعة من الصلب ، وهذه بدورها تطبع العدد على لوح نحاسى معد للحفر ٠

وكان هذا من الناحية الميكانيكية عملا هائلا ٠ ولنــا أن نتصور العدد المختلف من المسامير والصواميل والمفاتيح والكامات والروابط والأعمدة والعجلات التى يحتاجها هذا العمل ، ثم نتذكر أن أجزاء الآلات العيارية والتى تعمــل بشكل أوتوماتيكى لم تكن معروفة في ذلك الــوقت ! لقــد تناول بابيج هذه المسألة وعالجها بغاية المهارة ، اذ وضــع هو ومساعدوه تصميم كل جزء بعناية تامة ، وكانوا يصنعون قطعا أخــرى احتياطية للتقليل من استهلاك الآلة ٠ وأصبح بابيج نفسه صانعا ماهرا ، يطور العــدد التى أصبحت فى عهده من أحسن العدد ، كما كان يطور الأساليب التى أصبح بعضها نواة للأساليب الحديثة في تصميم العــدد والآلات ٠ ولكن لعل هذا الاهتمام وهذه العناية فى التصميم كانا نقطة الضعف الكبرى فى عمل بابيج ٠ فلو أن الآلة قد تم صنعها، لكان بهــا حوالى الطنين من الأجزاء المصــنوعة من البرونز والصلب والزنك والتى صنعت طبقا لمواصــفات محددة لم يسبق أن صنع مثلها من قبل ٠

★★★

ان ما رآه بابيج بعين خياله عندما انتقل بفكره من آلة الفروق الى الآلة التحليلية كان شيئا رائعا حقا ٠ وكان فيما قبل قد تصور آلة وصفها وصفا معبرا حين قال انها « الآلة التى تأكل ذيلها » ٠ وكان يقصد بذلك أنه يمكن للنتــائج التي تظهر في خانة الاجابات أن تؤثر فيما سبقها من أعمدة

بحيث تغير التعليمات المعطاة للآلة فى الأصل • وكان من المفروض أن الآلة التحليلية يمكنها أيضا أن تقوم بأية عملية رياضية وأن التعليمات التى تعطى للآلة يمكنهـا أيضا أن توجه الآلة فى جميع العمليات والخطوات وفى ترتيب هذه الخطوات • وكان فى امكانهـا أن تجمع وتطـرح وتضرب وتقسم ؛ وكان لها ذاكرة تستوعب ألفا وخمسين رقما عشريا، وتقوم بعمليات أخرى مثـل جداول اللوغاريتمات ، بحيث يكون لديها مكتبتها الخاصة • وكان بامكانهـا أن تقـارن الأعداد ، وتعمل حسب تقديرها ، وبذلك تتدرج الى عمليات أخرى لم يسبق أن أعطيت فى التعليمات الأولى •

وتتضمن الآلة الحاسبة الحديثة كل أو الكثير من هـذه الأشـياء • ولكن بابيج كان محددا بالامكانات الميكانيكية التى كانت موجودة فى ذلك الوقت ؛ ولم يكن فى استطاعته طبعا أن يدخل فى تصميماته أية دوائر كهربيـة ، بل أية أنابيب الكترونية • كان يعتزم أن يصنعها كلها بالبطاقات المثقوبة ، وهى ليست طبعا بطاقات هولريت السريعة الخلط والتى تتحرك على محولات استشعارية كهربيـة مثـل التى نستعملها هذه الأيام(★) ولكنها بطاقات مثل التى تستعمل أنوال الجاكار • وتثقب التعليمات والثوابت العددية عـلى البطاقات بحيث تبدو أعمدة شفرية من الثقوب • وعنـدما توضع البطاقات فى الآلة تتحسسها أسلاك الاستشعار • فاذا كانت الثقوب فى المكان الملائم ، دخلت الأسلاك فى الثقوب وربطت حركة الاعمدة مع الأجزاء المختلفة للآلة ، وهـكذا تؤدى الآلة عملها وكل العمليات المطلوبة منها • ولم تضعف

(★) فى الخمسينات

كل هذه التعقيدات من ثقة بابيج ، فقد كانت لديه لوحة لجوزيف جاكار منسوجة من الحرير وقد استخدم في نسجها ٢٠٠٠٠ بطاقة مثقوبة !

هذا أبسط وصف للآلة • وان تشارلز بابيج ليمتلىء زهوا عندما يعلم أن أفكاره عن الآلة التحليلية قد طبقت اليوم فى الآلات الحاسبة الالكترونية الضخمة •

ولقد ابتدع بابيج الى جانب مفهومه عن الآلة الحاسبة ، كثيرا من الاختراعات الميكانيكية ذات الاستخدامات التطبيقية المفيدة • وكما يهتم العاملون فى تصميم الآلات الحاسبة هذه الأيام بالأنابيب المفرغة والدوائر الالكترونية ، كذلك كان اهتمام بابيج بمشاكل الورشة وحجرة الرسم والتصميم، فقد اخترع هو ومعاونوه بعض العدد التى تستخدم مع المخرطة • وكان ضمن العمال المهرة الذين عملوا معه شخص يدعى ج • هوايتويرث ، ومن بعد سير جوزيف هوايتويرث، الذى أصبح أكبر صانع للعدد الدقيقة فى انجلترا • ولقد وصف الخبراء من معاصرى بابيج رسوماته للآلات المختلفة ، وهي رسومات تغطى ٤٠٠ قدم مربعة من الورق ، بأنها من أحسن الرسومات الميكانيكية •

ولقد صدرت عدة طبعات من كتاب بابيج « حول اقتصاديات المصنوعات والآلات » ، وأعيد طبعه فى الولايات المتحدة وترجم الى الألمانية والفرنسية والايطالية والاسبانية• وتناول فيه بالتفصيل صناعة الدبابيس والعمليات المختلفة ، وما تحتاج اليه من مهارة ، وتكاليف كل عملية ، واقترح عدة تحسينات فيما كان يجرى من عمليات • واقترح عدة وسائل

عامة لتحليل المصانع والعمليات ولايجاد الموقع والحجم الملائم للمصانع • وكان بابيج يعتز جدا بأحد التعليقات التى سمعها من أحد العمال الانجليز حين قال : «لقد جعلنى هذا الكتاب أفكر» •

★★★

وعندما تخطى بابيج السبعين من عمره سجل تاريخ حياته فى كتاب أسماه «مراحل من حياة فيلسوف» ، وهو كتاب متشائم ولكنه لا يخلو من مرح ، وجاء فى صفحته الأولى ، وبعد اسم مؤلفه ، عدد من الجمعيات العلمية (وأغلبها أجنبية) • وتاريخ حياته هذا سجل لخيبة آماله بقدر ما هو سجل لما حققه من أعمال ، وكتب ، حسب قوله ، «لكى يقلل من عدم استساغة تاريخ آلاته الحاسبة» •

ولكنه لم يكن فى حاجة للاعتذار • ان فكرة الآلة الحاسبة كانت دليل النبوغ • وأن تاريخه كله لدليل حى على الرباط المتين بين الاختراعات العلمية البحتة من جهة وبين التقدم التكنولوجى السائد ، والمفهوم العام ، والتعضيد الواجب من جهة أخرى • ان الآلات لم تتحرك لتعطى الأجوبة المطلوبة لأن النبوغ يمكن أن يتفوق ولكنه لا يمكن أن يتخطى أو يتجاهل حدود امكاناته • لا يكمن نبوغ بابيج فى الكتب التى علاها التراب أو فى التفوق فى أحد فروع العلم أو فى تلك العجلات القديمة القابعة فى أحد متاحف العلوم • ان نبوغ بابيج ينعكس فيما نشاهده اليوم من آلات حاسبة هائلة •

لويس كارول

لويس كارول ـ ألم يكن كذلك عالما رياضيا من الدرجة الأولى ؟ هذا هو التعليق التقليدى عندما يذكر اسم مؤلف « أليس فى بلاد العجائب » • ذلك أن أغلب الناس كانوا يعرفون أن اسم كارول الحقيقى هو تشارلز لوتويدج دودجسون وأن هوايته طوال حياته هى العلوم الرياضية • وكانت تتداول بين المعجبين بأدبه قصة زائفة تقول بأن الملكة فيكتوريا عندما قرأت « أليس » أعجبت بها وطلبت كتابا آخر لنفس المؤلف فأرسل لها كتاب دودجسون الجاف عن المحددات الجبرية •

ويعتبر لويس كارول من نوابغ الأدب ، الأمر الذى يثير فى المرء الفضول الى معرفة مدى قدراته الرياضية • هناك اتجاه عام الى اعتبار الرياضيات موضوعا غريبا صعبا جافا عميقا بحيث انه ما من رياضى الا وهو « رياضى عظيم » ، لأنه لا يوجد عمالقة صغار • وهذا القول ، مع ما فيه من تقدير للرياضيين ، ليس بالضرورة صحيحا مع الأسف • أما كارول فقد كتب فى كثير من الموضوعات

الرياضية ، وفي مقـدور المرء أن يرجع الى هذه الكتـابات لكي يعرف أى نوع من الرياضيين كان كارول ٠

ان قصـة حيـاته العلمية يمكن سردها بسرعة ٠ ولد تشارلز لوتويدج دودجسون عام ١٨٣٢ بالقرب من ديزبيرى في تشيشاير ٠ وكان أبوه ، كما كان جده ، وجد جده ، من رجال الكنيسة ٠ والتحق بجامعة أكسفورد عام ١٨٥٠ بعد أن قضى ست سنوات لا تظللها السعادة في المدارس الانجليزية العامة ٠ وفي نهـاية عام ١٨٥٢ ، حصـل على درجة في الرياضيات مع مرتبة الشرف الأولى وحصل على منحة دراسية على شرط ألا يتزوج وأن يهب نفسه للكنيسة ٠ ولقد حصل على درجة الليسانس مع مرتبة الشرف الأولى في مدرسـة الرياضيات النهائية عام ١٨٥٤ ٠ وعلى درجـة الماجستير عام ١٨٥٧ ٠ وفي عام ١٨٥٥ وفي سن ٢٣ ، منح منحة دراسية كانت تدر عليه مبلغ ٢٠ جنيها سـنويا وعين طالبا متقدما في كليـة كريست تشرش ومحاضرا في الرياضـيات بالجامعة ٠ عاش كارول عزبا في مساكن الجامعة بتوم كواد في عام ١٨٦٨ ، الى أن مات وهو في السادسـة والستين من عمره عام ١٨٩٨ ٠ ولم يدب النشاط في حياته الأكاديمية الا عندما عين مساعدا لأمين المكتبة عام ١٨٥٥ ، ثم عندما أصبح شماسا عام ١٨٦١ ، وفي النهاية عندما عين مشرفا على النادي وكان في الخمسين من عمره اذ ذاك ٠

★★★

هذه الحياة الهادئة المنعزلة ٠ هي التي سـاعدته عـلى الكتابة باعتباره تشـارلز لوتويدج دودجسـون وباعتبـاره

لـويس كارول · وبالـرغم من أن كارول أنتج كثيرا من الكتب ، الا أن الناس لا يذكرون له سوى القليل · ويبلغ عدد ما طبع من مؤلفاته فى أثناء حياته ٢٥٦ مؤلفا ، وأما مجموع ما ألفه فيصل الى حوالى ٩٠٠ مؤلف · ومن هـذه المؤلفت ١٦ كتابا ـ منها حوالى ستة للأطفال وحوالى عشرة فى الرياضيات وعلم المنطق · ولابد أن نقول « حوالى » لأنه من الصعب أن نحـدد ما اذا كان قد كتب المجمـوعة الأولى للأطفال أم للكبار ، وهل قصد بالثانية الى الرياضيات أم الى التسليـة · وبالاضـافة الى ذلك كتب كارول حـوالى ٢٠٠ كتيب ، حوالى خمسين منهـا تتنـاول خلافات أكاديمية فى كريست تشرش ، وحوالى ثلاثين لألعاب الكلمـات والكتـابة السرية وما شابه ذلك ، وأكثر من خمسين لموضوعات غاية فى الاختلاف والتنوع مثـل : كيف تتذكر المواعيد ، وتهذيب كتابات شكسبير للبنات الصغيرات ، والحـكم فى مبـاريات التنس ، والأخطاء الجارية فى الهجـاية ، وقواعد تقـدير أجرة البريد ··· وغيرها ·

ومن ضمن الـ ٢٥٦ مؤلفا التى طبعت فى أثناء حياته ، كانت ٥٨ منها للرياضيات وعلم المنطق · فاذا بحثنا فى هذه المؤلفات نتقدير مكانة كارول الرياضية ـ أو لعله يجدر بنا أن نقول هنا مكانة دودجسون ـ اكتشفنا أنه كان مدرسـا فى المقام الأول ، يهتم اهتماما كبيرا بطرق تدريس المـواد الأولية ، فقد كتب حوالى العشرين كتابا للطلبة فى الحساب والجبر والهندسة وحساب المثلثات والهندسة التحليلية ·

ولعل أهم كتب دودجسـون وأكبرها فى الهندسـة ، واسمه « أوقليد ومنافسوه من المعاصرين » ، يعطينا فكرة عن

طريقته فى تناول الرياضيات • انه يبين لنا أن دودجسون محافظ عنيد وهب نفسه للدفاع عن أوقليد ضد أى اتجاه حديث لتعديله أو تحسينه أو تغييره بأى شكل من الأشكال • فقد حاول دودجسون في هذا الكتاب اثبات أن بديهيات أوقليد وتعبيراته وبراهينه وأسلوبه لا يمكن تغييرها لما هو أفضل منها • بل لقد أصر على أن ترتيب وترقيم نظريات أوقليد لابد أن تبقى محفوظة كما هى • وسخر دودجسون بمهارة من علماء الهندسة المعاصرين الذين حاولوا تعديل بديهية أوقليد للمتوازيات ، واتهم كل محاولاتهم بأنها « شنيعة » (ولعله من المفيد ، مع ذلك أن نلاحظ أن دودجسون في كتاب له صدر فيما بعد واسمه « نظرية جديدة في المتوازيات » قد حاول هو نفسه أن يحل محل البديهية التقليدية بديهية أخرى من وضعه) •

ولابد من تقدير كتاب « أوقليد ومنافسوه من المعاصرين » على أنه مسل وطريف ، الا أنه يتسم بصلابة الرأى الزائدة ، وهو من الناحية العلمية عديم الجدوى • انه لا يعكس ادراك المعاصرين من الرياضيين بشكل متزايد أن بديهية التوازى لم تكن حقيقة واضحة ، ولكنها فرض لا يمكن اثباته وضع بشكل جبرى • ولم تكن فلسفة دودجسون تتقبل الهندسة اللا أوقليدية بما يترتب عليها من ثورة فى الرياضيات والعلوم •

★★★

ولعل الصورة الكئيبة لنيافة القس دودجسون والتى خلقتها أعماله التربوية تتحول الى صورة باسمة اذا تحولنا

الى كتاباته الرياضية الأخـرى ، اذ هـو يقترب في هـذه الحالات من الرجل الذى نعرفه باسم لويس كارول • ولنأخذ مثلا على ذلك كتابه الصغير العجيب المسمى «مشاكل الوسادة»، ففى هذا الكتاب يقدم دودجسون ٧٢ مسألة أغلبها فى الجبر والهندسة وحساب المثلثات وضعها وحلها جميعا فى سريره أثناء الليل دون ورقة أو قلم • كان دودجسـون يعـانى من الأرق ، وبقدر ما كان حريصا على الاشارة الى أن الرياضيات لا تؤدى الى النوم ، فقد كان يقول انها تشغل الذهن بأشياء مبهجة وتمنع القلق والاضطراب والهموم • ومما يدل عـلى شدة تدينه أنه نادى بالتفكير الرياضى، فى أثناء الاستيقاظ، كعلاج « للأفكار المتشائمة التى تبدو فى بعض الأحيان أنها تنتزع أقوى الايمان •• والأفكار الكافرة التى تشق طريقها الى أشد الأرواح ايمانا •• والأفكار الملحـدة التى تعـذب بوجودها المقيت الخيال المذب الطاهر » •

وبالرغم من أن المسائل الواردة فى هذا الكتاب، مسائل أولية ، الا أنها من التعقيد بحيث تحتاج الى مهارة حقة فى التركيز والتصور وخاصة اذا كان عـلى المـرء أن يحلهـا بفكره • واليك هذا المثال :

« فى أول يوليو ، وعندما كانت ساعتى تشير الى الساعة الثامنة صباحا ، كان منبهى يشـير الى الساعة الثامنة وأربع دقائق • وضبطت الساعة على توقيت جرينيتش ، وعنـدما كانت ساعتى تشير الى الظهيرة ، كان الوقت الحقيقى الساعة ١٢ وخمس دقائق • وفى مساء ذلك اليوم عندما أشـارت الساعة الى السادسة كان المنبه يشير الى الساعة ٥ والدقيقة

٥٩ · وفي يوم ٣٠ يوليـو ، عندما كانت ساعتي تشـير الى التاسعة صباحا كان المنبه يشير الى الساعة ٨ والدقيقة ٥٧ · وعند جرينيتش عنـدما أشـارت السـاعة الى السـاعة ١٢ والدقيقة ١٠ كان الوقت الحقيقي السـاعة ١٢ والدقيقة ٥ وفي مساء ذلك اليوم عندما أشارت السـاعة الى ٧ ، كان المنبه يشير الى الساعة ٦ والدقيقة ٥٨ · وكنت أملأ الساعة في كل مرة أقوم فيها برحلتي ، ولكنها تظل تسير بانتظام لمدة يوم واحـد · أما المنبه فانه يعمل دائما وبانتظام ، فكيف يمكنني أن أعرف متى تحين الظهيرة حقا يوم ٣١ يوليو ؟

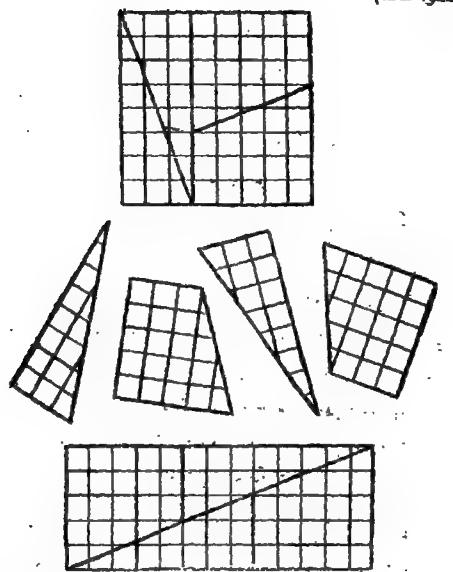
وحلول هودجسون للمسائل الواردة في هـذه المجموعة حلول ماهرة ودقيقة · الا أن أحدها يكشف بشـكل مضحك جمود تفكيره الرياضي · والمسألة هي : «لدينا حقيبة تحتوى على كرتين ، لا نعرف عنهما الا أن كل منهما اما أن تكـون سوداء (س) واما بيضاء (ب) وعليك أن تتعرف على لونيهما دون اخراجهما من الحقيبة» · لقد ارتكب في حله لهذه المسألة (وهي مسألة لا يمكن حلها بالشكل الذى جاء ذكره) خطأين فاحشين · فهو أولا افترض ، خطأ ، أن احتمـالات وجـود س س ، س ب ، ب ب (وهي الامكانات الثـلاثة داخـل الحقيبة) هي ١/٤ ، ١/٢ ، ١/٤ على التوالى · ثم هو يضيف كرة سوداء الى الحقيبة ، ويحسب احتمال سحب كرة سوداء بعـد ذلك على أنه ٢/٣ ، ثم يرتكب خطأه الشنيع الثانى بأن يقرر أن الحقيبة في هذه الحالة لابد وأن يكون بها س س ب · وهذا الأسلوب في التفكير يؤدى به الى القـول بأن في الحقيبـة أصلا كرة سوداء وأخرى بيضاء ! وهذه مسـألة قد تكون طريفة في بلاد العجائب ولكنها رياضيات يغلب عليها طابع

الهـواة • وقد أشـار البعض الى أنه لو استخدم أسـلوب دودجسون هـذا فى حالة حقيبة تحتـوى ثلاث كرات غـير معروفة اللون (سـوداء أو بيضـاء) لانتهينا الى أنه من المستحيل أن تكون فى الحقيبة ثلاث كرات •

★★★

ووضع دودجسون كتابا آخر فى الألغاز الرياضية سماه « قصة معقدة » وأطلق على المسائل لفظ « العقد » • واليك، مثلا ، العقدة الأولى : اثنان من الرحالة قضيا من الساعة الثالثـة الى السـاعة التاسعة فى المشى على طريق مستو ، ثم تسلق جبل ثم الهبوط من الجبل ومرة أخرى على الطـريق المستوى الى منزلهما • وكانت سرعتهما على الطريق المستوى ٤ أميـال فى الساعة • احسب المسافة التى مشياها ، خلال نصف ساعة ، عندما كانا على القمة •

وفى مجموعة مخطوطات دودجسون التى أمتلكها نجد اللغزين المحببين الى نفسه واللذين لم ينشرهما • وأحدهما هو « أين يبدأ النهار ؟ » وفيه يقول : ان التناقض الظاهرى قد يؤدى بالشخص الذى يسير حول الأرض فى اتجاه الغرب بنفس سرعة الشمس ، اذا بدأ من مكان ما فى يوم الثلاثاء فانه سيعود الى نفس المكان يـوم الأربعـاء • فأين ومتى حدث هذا التغير فى التاريخ ؟ ولقد أجهد دودجسون الكثيرين من الموظفين الحكوميين وشركات التلغراف بمراسلاته وسؤاله هذا ، الذى طرحه لأول مرة عام ١٨٦٠ • ولم يستطع أحـد الاجابة عن هذا السـؤال بالطبـع ، الى أن اتفق عـلى خط التاريخ العالمى عام ١٨٨٤ •



ان التناقض الظاهرى لهذه المثلثات يؤدى الى النتيجة المستحيلة وهى أن ٦٤ تساوى ٦٥ . فالمربع الموجود أعلى الرسم يتكون من ٨ × ٨ وحدات مربعة ، وقد قسم الى أربعة أجزاء مبينة فى الوسط . فاذا ركبت هذه الأجزاء لكى تكون المستطيل المبين فى أسفل الرسم ، فاننا نجد به ظاهريا ٥ × ١٣ وحدة مربعة . الا أننا اذا دققنا النظر فى المستطيل تبين لنا أن ميل القاعدة المواجهة للزاوية القائمة فى كل مثلث لا يساوى ميل الجانب المائل من الشكل الرباعى الأضلاع المجاور لجانبه الأقصر .

والواقع أن « المربع » الزائد ينتج من انبساط الفضاء الواقع بين أجزاء المستطيل العلوية والسفلية . ولقد وضع كارول تعميما لهذا التناقض الظاهرى فى معادلة جبرية تعطى أبعاد جميع المربعات الممكنة التى يمكن تقطيعها بهذا الشكل المتناقض ظاهريا ، مثل المربعات التى أبعاد جوانبها ٢١ وحدة و ٥٥ وحدة .

أما لغزه الثانى المفضل والذى أسماه «القرد والوزن»، فقد حير أيضا معاصريه • وهذا اللغز هو : حبل تام الليونة لا وزن له علق على بكرة لا وزن لها ولا احتكاك ، وفي أحد طرفي الحبل قرد وفي الطرف الآخر وزن يعادل تماما وزن القرد • ويبدأ القرد في تسلق الحبل ، ماذا يحدث للوزن في الطرف الآخر ؟ •

فاذا كنا سنأخذ بحرفية الكلام فاننا لا نستطيع أن نقول ماذا يحدث للوزن الا اذا عرفنا بالضبط ماذا يفعل القرد ، وما اذا كان يجذب الحبل برفق ، أو يهزه بعنف ، أو ما الى ذلك • ولكن يمكن بشكل عام ، اعطاء حل كامل وبسيط لهذا اللغز ، لأنه حسب الشروط الواردة في اللغز يؤثر الحبل على الوزن بنفس القوة التى يؤثر بها على القرد في أية لحظة • فكيفما يتحرك القرد يتحرك الوزن بنفس الشكل •

ويتضح من جميع كتابات دودجسون الرياضية أنه لم يكن رياضياً مهما • فكما رأينا ، بالنسبة للهندسة ، كانت آراؤه عنيفة حتى بالنسبة لعصره • وفي مسألة الاحتمالات التى سبق ذكرها فشل في ادراك مبدأ العلة غير الكافية ، وبالنسبة للجبر كتب مرة في مذكراته : « يبدو أن ٢ (س٢ + ص٢) هى دائما مجموع مربعين ولكن هذه حقيقة لا يمكن اثباتها » • وقد أخذ بعض الوقت لكى يتذكر الحقيقة التى يعرفها أى تلميذ يدرس مبادىء الجبر وهى أن ٢ (س٢ + ص٢) = (س + ص)٢ + (س — ص)٢ • وبالنسبة للتفاضل كان مفهومه عن الكميات

المتناهية فى الصفر غاية فى الارتباك وكانت بالنسبة له كميات غريبة غير واضحة فهى ليست لا نهائية وليست محددة وليست صفرا ! وتحوى كراساته أخطاء منطقية بشعة مثل « وحدة الكميات المتناهية فى الصفر » و « وحدة اللانهاية » و « الحد الأدنى للكسر المحدود » ٠ ولم يستطع أن يفهم المفهوم الأساسى للعمليات النهائية فى التفاضل ، وذلك كما تشير ملحوظته التى كتب فيها : « ان الفكرة التى تقول انه مادام من الممكن اثبات أن كمية متغيرة تساوى تقريبا كمية ثابتة ، فانها ستصبح بالفعل مساوية لها ، أمر غير مقبول فى نظرى ، اذ يمكننا فقط أن نختزل الفرق ولكننا لا يمكننا أن نلغيه » ٠

★★★

ولكن قبل أن نشطب دودجسون من سجل الرياضيين لابد أن نلم بما حققه فى مجال المنطق ٠ فقد كان تصف كتاباته فى الرياضيات تقريبا فى هذا المجال ٠

ولعل أهم هذه الكتابات كان « لعبة المنطق » الذى نشر عام ١٨٨٦ ٠ والنسخة الموسعة التى نشرت بعد ذلك بعشرة أعوام كتاب أطول وأكثر جدية من الأول وكان اسمه « المنطق الرمزى : الجزء الأول ، المبادىء » ٠ وفى هذا الكتاب طور كارول استخدام الطريقة التى بدأها العالم الرياضى السويسرى ليونارد أويلر عام ١٧٦١ ٠ وهذه الطريقة تحوى تقديم مجموعات من الفروض المتماثلة بوساطة رسومات فراغية ، مع لغة رمزية لترجمة الرسومات الى وقائع

لغوية شفهية • وكانت الأمثلة التى اخترعها لاستخدام هذه الطريقة ماهرة وطريفة •

لقد وضع مثلا المقدمة التالية :

كل التنينات غير حذرة

كل الاسكتلنديين حذرون

وخلص الى الاستنتاجات التالية :

كل التنينات ليسوا اسكتلنديين

وكل الاسكتلنديين ليسوا تنينات

ومثال آخر على التسلية التى كان يعثر عليها عند استخدام المنطق البسيط نجده فى الآتى (توصل الى نتيجة منطقية من المقدمة التالية) :

« كان من العبث أن تقدمها له !

كان عليك أن تعلم ، لو كنت حصيفا

أن البحارة كبار السن لا يحبون الثريد ! »

« ولكنى اعتقدت ، لأنه عمك ••• »

« نعم انه عمى بكل تأكيد ! كلام فارغ »

« يمكنك أن تقول « كلام فارغ » كما تشاء •

ولكن كل ما أعرفه أن أعمامى أنا من كبار السن

ولكنهم يحبون الثريد جدا » •

« حسنا ، ان أعمامك أنت » (ليسوا بحارة) •

★★★

وبقدر ما كانت ألعاب كارول المنطقية مسلية ، الا أنها لم تكن أصيلة من الناحية الفنية ولم تكن عميقة · ولقد ظل محافظا فى أعماله المنطقية كما كان محافظا فى الهندسة · ولقد أشار عالم المنطق البريطانى بريثويت الى أن كارول « لم يقبل المبدأ الذى تسبب فى تسهيل الكثير من المنطق التقليدى وهو تفسير القضية العامة على أنها لا تحتوى على حد الموضوع · وهكذا ففى نظر كارول يكون القول بأن « كل الضفادع التى تقفز أكثر من ٢٠ قدما لها نقيق مرتفع » يستلزم بالضرورة وجود ضفادع تقفز أكثر من ٢٠ قدما ·

وعندما قاربت حياة كارول على الانتهاء أضاف اضافة مهمة الى علم المنطق أثارت حيرة أكثر الرياضيين جدية ·· لقد كانت مسألة تحوى تناقضا ظاهريا لم يستطع أحد حلها حلا نهائيا · والمسألة هى : فى دكان حلاق يوجد ثلاثة حلاقين ا ، ب ، جـ (١) ا عاجز بحيث اذ ترك الدكان فعلى ب أن يخرج معه (٢) لا يستطيع أن يترك الحلاقون الثلاثة الدكان معا ، والا خلا الدكان تماما · لنبدأ الآن بهاتين المقدمتين المنطقتين ، ولنأخذ افتراضا ونرى ما النتائج التى تترتب عليه · لنفترض أن جـ خرج · يترتب على ذلك أنه اذا خرج ا فان ب يبقى (حسب المقدمة الثانية) · ولكن اذا خرج ا يخرج ب أيضا (طبقا للمقدمة الأولى) · وهكذا نجد أن افتراضنا خروج جـ قد أدى الى نتيجة نعلم الآن أنها غير صحيحة · وعلى ذلك فالافتراض غير صحيح ، واذن فان جـ لا يستطيع الخروج · ولكن هذا كلام فارغ ، لأنه من الواضح أن جـ يستطيع الخروج دون كسر أى من الشرطين ·

وفي الحقيقة أن جـ يخـرج اذا بقى ا فى داخـل الدكان ٠ وهكذا نجد أن اتباع التعليل المنطقى بدقة مبتدئين بفرضين يدل ظاهرهمـا عـلى أنهما متسـقان ، يؤدى الى نتيجتين متناقضتين ٠

وقد يود بعض القراء أن يقول عند هذه النقطة : « ان هذا الدكان بأصحابه الثلاثة يمثل وضعا ، بسيطا وواضحا، وانه يمكن الوصول الى عدة حلول سليمة وغير متعارضـة عمن يخرج أو لا يخرج » ٠ وكل هذا حسن ولكنه لا يدرك لب الموضوع ، اذ ليس الموضوع « هل يمكنك أن تقول شيئا غير متناقض » ؟ لا ، لكن المســألة هى « ما وجـه الخطـأ فى جدال كارول ؟ » ٠

ولقد حاول برتراند رسل أن يدور حول المشـكلة بأن ذكر أن القول بأنه «اذا خرج ا فلابد أن يخرج ب» لا تتعارض مع القول بأنه « اذا خرج ا فلابد أن يبقى ب فى الداخل » ٠ ويجادل بأن كلا القولين صحيح على شرط أن « يبقى ا فى الداخل » ٠ ولكن هذا يشبه الجدل القائل بأنه لا يوجد خلاف بين قول أحـد السياسيين ، انه « اذا فاز الجمهوريون ، فان الأمور سوف تتحسن » ، وقول سـياسى آخـر انه « اذا فاز الجمهوريون ، فان الأمـور لن تتحسن » ٠ ولن يرضى كلا السياسيين اذا أكد لهما أحد المناطقة أن انتصار الاشتراكيين سوف يحقق قول كل منهما ٠

وربما قال قارىء آخر : « ما دمنا قد افترضنا أن جـ خرج فاننا لسنا أحرارا فى أن نقول : (اذن ، اذا خرج ا ، فان ب يبقى فى الداخل) » ٠

لقد وردت فى كتــاب هوايتهد وراســل « البرنكيبيا الرياضية » قاعدة أساسـية تسمى « قاعدة الاسـتخراج » يمكن صياغتها فى العبارات التالية : « اذا كان ق ، ك معا تستلزمان ر فان ق تستلزم أن ك تستلزم ر . فاذا طبقنــا هذه القاعدة فى حالتنا هذه أمكننا تحويل العبارة التالية : « اذا خرج جـ ، ا من الدكان فان ب يظل بداخله » الى العبارة التالية : « اذا خرج جـ فان ا ، ب يظلان بالداخل » .

وعلى هذا يمكن « استخراج » العبارة الثانية من العبارة الأولى تحت ظل القواعد التقليدية للمنطق الكلاسيكى . وما ان نصل الى هذه النقطة حتى تجد لدينا الخيار بين أن نقبل رأى راسل (القائل بأنه « لا يوجد تعارض بين القول بأنه (اذا خرج ا فان ب يجب أن يخرج) والقول بأنه (اذا خرج ا فان ب يجب أن يظل بالداخل) ») أو أن نصل الى النتيجة المحيرة أن جـ يجب ألا يخرج . والحاصل ، أننا اذا لم نرغب فى استخدام طريقة راسل فى الهروب من المشكلة فان علينا أن نجد طريقة ملتوية عند استخدام قاعدة الاسـتخراج .

وحديثا حل اثنان من رجال المنطق هذه المشكلة المحيرة بطريقة أكثر طرافة وان كانت أكثر تعقيدا ، ونشر حلهما فى المجلة الانجليزية « الذهن » . كما اقترحت وسيلة أخرى لمعالجة المشكلة فى مجلة « الفلسفة والعلم » ، قدمها الدكتور آرثر . و . بيركس من جامعة ميتشيجان . وهو يقترح تحت عنوان « عبارات فطرية » تمييزا جديدا (فيما أعلم) بين ما سماه « اللزوم السببى واللزوم المادى » ، ويرى أن الأول غير قابل « للاستخراج » مثل الثانى . وهو يستخدم هــذا

التمييز لكى يهرب من مشكلة دكان الحلاقة ولـكن البعض يرون أنه لم يهرب الا بصعوبة كبيرة ٠

ويعلق بريثويت على كل ذلك قائلا : « ان كارول كان يدفع بالمحراث الى أغوار أبعد من معارفه ٠ لقد كان يحتمل فى ذهنه منطق يدعو للاعجاب ولكنه لم يستطع أن يصـــل بهذا المنطق الى مستوى التكامل ، ومن أجل هذا كان منطقه الرمزى سطحيا ٠٠٠ على حين كانت الفازه العابرة غاية فى العمق » ٠

★★★

من العسير أن يختتم المرء الموضوع بأفضل من كلمــات بريثويت ٠ كان دودجسون المحترم مدرسا جافا ولكنه قدير فى مبادىء الرياضيات ٠ وكان لويس كارول منطقيا متعمقا وممتازا وان لم يع ذلك ٠ وعندما حاول أن يعالج المنطق بشكل منهجى سليم لم يصب الا نجاحا متوســطا ٠ وهــو لم يعبر عن عمقه وبراعته الا حينما عالج المنطق بشكل متحرر غير مقيد ٠ والواقع أن قيمته فى معالجة المنطق تتضح لنــا عندما نفتح كتاب أرض العجائب ٠

كثيرا ما تحتوى كتب المنطق والفلسفة عـلى اشــارات لأليس ورفاقها فى أرض العجائب ٠ ويعتمد ب ٠ ا ٠ ب ٠ جوردان فى كتابه الممتع « فلســفة مستر ب ٠ رتر ٠ نـد ٠ ر س ل » لحد كبير على كارول فى توضيح الأفكار الأساسية للمنطق ٠ ومن هذا الكتاب أخـذنا العينات التاليــة التى تعكس عبقرية كارول ٠

لقد ظل علماء المنطق لأجيال طويلة يصـارعون مـع «نظرية التطابق» • متى يحق للمرء أن يقول : « ان س هى مطابقة لـ ص » أو « ان س هى نفس ص » أو « ان س هى ص » • ولكن هذه المشكلة كانت واضحة تماما عند أصدقاء كارول الصغار •

«طول النهار يطابق أى شىء طوله مطابق لطول النهار» • (سيلفى وبرونو) •

« لا حظ برونو أنه عندما يفقد الأستاذ الآخر نفسه ، فان عليه أن يصرخ مناديا عليه • ولا شك أنه سيسمع ذاته لأنه لن يكون بعيداً » • (سيلفى وبرونو) •

ان أغلب علماء المنطق ، وأغلبنـا على وجه العموم ، يجب أن يلتزموا جانب الحذر فيما يتعلق بدقة التعريفات والخلط والتداخل بين ما تعنيه الكلمـات وما تدل عليـه • ولكن هذا الموضوع لم يكن مثار ازعاج عـلى الاطـلاق فى الجانب الآخر من المنظار •

كان من المستحيل التمييز بين تويدلدام وتويدلدى فى كثير من الجوانب ، وبينما كانت أليس تسـير فى الطريق لاحظت أنه « عندما يتفرع الطريق فانها تجد حتما لافتتين تشيران الى نفس الاتجاه ، على الأولى « الى منزل تويدلدام » وعلى الأخرى « الى تويدلدى » • وأخيرا قالت أليس : « اننى أعتقد أنهما يعيشان فى نفس المنزل » •

يقول هامتى دامتى بلهجة حادة : « عندما أستعمل أنا كلمة ما ، فانهـا تعنى ما أختـار لهـا أن تمنيه ـ لا أكثر ولا أقل » ٠

فترد عليه أليس قائلة : المشـكلة هى هل تسـتطيع أن تجعل الكلمات تعنى أشياء مختلفة » ٠

ويرد عليها هامتى دامتى قائلا : « المشـكلة هى من السيد ٠٠ هذا هو كل ما فى الأمر » ٠

وكثير من المسـائل المعقـدة فى علم المنطق الرياضى الحديث يدور حول احتمال وجود ما يسمى الفصل العام ، وحتى هذا حسبت له البعوضة حسابا ، فقد ذكرت لأليس أن ذبابة الخبز والزبد تحيا على الشاى الخفيف باللبن ٠

قالت أليس « وماذا اذا لم تجد هذا الغذاء » ؟

فردت البعوضة : « لا شك أنها ستموت » ٠

وقالت أليس وهى تفكر : « ولكن هذا لابد أن يحدث كثيرا » ٠

فردت البعوضة : « ان هذا يحدث دائما » ٠ (من خلال المنظار) ٠

اذا كان تحليل الوجود أمرا صعبا ، فأصعب منـه أن تحلل اللاوجود ٠ ولكن الأمر ليس كذلك بالنسبة لأليس ٠

قالت أليس : « اننى لا أرى أحدا فى الطريق » ٠

وردت الملكة البيضاء فى لهجة جزعة : وددت لو كانت لدى مثل عيونك ٠ أن يكون فى مقدورك أن ترى لا أحدا وعلى

هذه المسافة ! عجبا ، انني أصرف نفس الجهد لكي أرى أناسا حقيقيين ، في هذا الضوء الساطع ! » (من خلال المنظار) .

لا شك أن المهتمين بمنطق العلم الحديث لا يوافقون على أهمية ومدلول التجارب التخيلية ، وخاصة اذا تضمنت هذه التجارب شروطا لا يمكن تحقيقها . أما الملكة البيضاء فلم تكن تهتم بهذا الأمر .

ضحكت أليس ثم قالت : « لا فائدة من هذه المحاولة ، اذ لا يستطيع المرء أن يؤمن بالأشياء المستحيلة » .

فردت عليها الملكة البيضاء قائلة : « يبدو لي أنك لم تتدربي على ذلك . عندما كنت في مثل سنك كنت أتدرب على ذلك نصف ساعة كل يوم . بل انني في بعض الأحيان كنت أؤمن بستة أشياء مستحيلة قبل الافطار . » (من خلال المنظار) .

★★★

لقد كانت مواهب كارول الحقيقية من القدرة والعظمة بحيث لا نجد أنفسنا في حاجة الى التلطف عند التعرض للنقائص التي كانت تشوب كتاباته الرياضية . ولم يكن كارول ذاته مغرورا في هذه الناحية حتى لقد عبر عن حكمه المتواضع على نفسه في مذكراته اليومية اذ جاء بها عبارة كتبها في اليوم الأول من يناير عام ١٨٥٥ وعمره ثلاثة وعشرون عاما ، يقول فيها : « لقد حاولت أن أشغل نفسي في بعض الرياضيات ، ولكنني فشلت » .

سرينيفاسا رامانوجان

ليست هذه سوى كلمة موجزة تحوى ما لدينا من المعلومات الضئيلة عن حياة انفقير الهندى الذى أصبح على حد قول أحد الثقات « أعجوبة الرياضيين في هذا العصر » • مات سرينيفاسا رامانوجان في الهند مريضا بداء الصدر في ٢٦ أبريل عام ١٩٢٠ عن ٣٣ عاما ، واسمه غير معروف الا لدى علماء الرياضيات ، فهو لم يجذب انتباه أحد خارج مجال اختصاصه • ولكن بحوثه وأعماله تركت أثرا لا يمحى في ميدان الفكر الرياضي •

كان ج • هـ • هاردى من كامبريدج ، وهو من كبار علماء الرياضيات في عصره ، من أقرب الناس الى رامانوجان سواء لصلته به في العمل أو نتيجة لعلاقتهما الشخصية ، وذلك خلال السنوات الخمس المثمرة التي قضاها في انجلترا • وأغلب المعلومات الواردة في هذه المقالة أخذت من تأبين الأستاذ هاردى لرامانوجان وكذلك من مجموعة المحاضرات التي ألقاها الأستاذ هاردى في جامعة هارفارد التي أسماها محاضرات رامانوجان ؛ أما بقية المعلومات فقد أخذناها من المقالة الصغيرة التي كتبها سيشو اياد وراماشاندرا راو

والموجودة في « مجموعة كتابات رامانوجان » • ومع ذلك ففي هذه المقالة الصغيرة التى نقدمها ما يكفى للدلالة على مدى شخصية رامانوجان ونبوغه •

نشأ سرينيفاسا رامانوجان آيانجار ، حسب قول مؤرخه سيشو ايياد ، في أسرة برهمية فقيرة الحال من مركز تانجور التابع لمقاطعة مدراس • وكان أبوه كاتبا للحسابات في محل أحد تجار الأقمشة ، وكانت أمه ، وهي امرأة على درجة عالية من الادراك ، ابنة موظف صغير بمحكمة المنصف (القاضى) في ايرود • وبقيت مدة طويلة بعد الزواج لا تنجب أطفالا « ولكن أباها دعا الآلهة المشهورة ناماجيرى ، في البلدة المجاورة المسماة ناماكال ، لكي تبارك ابنته وتهبها الذرية • ولم يمض وقت قصير حتى كانت قد أنجبت أكبر أبنائها ، عالم الرياضيات رامانوجان ، الذى ولد يوم ٢٢ ديسمبر عام ١٨٨٧ » •

وعندما كان فى الخامسة ذهب الى المدرسة ، وقبل أن يبلغ السابعة انتقل الى مدرسة المدينة الثانوية فى كامباكونام، حيث حصل على منحة دراسية • ويظهر أن قدراته غير العادية قد وضحت في ذلك الوقت • كان هادئا كثير التأمل يتمتع بذاكرة قوية غير عادية • وكان يسعده أن يطرف زملاءه بالنظريات والمعادلات ، والقاء مقطوعات كاملة من أصول اللغة السانسكريتية • وكان يحفظ قيمة ط والجذر التربيعى للعدد ، لأى رقم عشرى • وعندما كان فى الخامسة عشرة من عمره ، وهو في السنة السادسة الدراسية ، استعار له أحد أصدقائه كتاب كار «المجمل فى الرياضيات البحتة» من مكتبة

الكليـة الحـكومية بالمدينـــة • وفاضت نفس رامانوجان بالسعادة وهى تهيم فى هذا العالم الجديد الذى تفتحت آفاقه له • لقد أيقظ هــذا الكتاب نبـوغه وبدأ فورا فى حـل معادلاته • ولما لم يكن لديه أى كتاب آخر يستعين به فقـــد كان كل حل من حلوله بمثابة بحث أصيل بالنسبة له • اخترع أول الأمر طرقا لتشييد المربعات السحرية ، ثم تطرق الى الهندسة حيث أخذ فى تربيع الدائرة ثم تطـور الى أن قدر طول محيط الأرض عند خط الاستواء ، ولم يختلف تقديره عن التقدير الحقيقى الا بمقدار بضـع أقدام • ولما وجـد مجال الهندسة محدودا تحول الى الجبر • وكان رامانـوجان كثيرا ما يردد أن آلهة ناما كال توحى اليه بحلول المعـادلات فى أثناء نومه • ومن العجيب أنه كان يدون النتـائج التى يتوصل اليها بمجرد قيامه من النوم ، ولو أنه كثيرا ما كان يعجز عن اعطاء اثبات قاطع لها • واستمر يطبق هذا النظام طوال حياته •

وحصل على الشهادة الثانوية وعمره ١٦ سنة من الكلية الحكومية فى كامباكونام وحصل على « منحة سوبرا ماينام الصغرى الدراسية » • ونظرا لضعفه فى اللغة الانجليزية ـ اذ لم يكن يهيم الا بالرياضيات ـ فقد رسب فى الامتحان التالى وفقـد بذلك المنحـة • ثـم ترك كامبـاكونام ، أولا الى فيزاجاياتام ثم الى مدراس ، وهنـاك تقـدم الى « الامتحان الأول فى الآداب » فى ديسمبر عام ١٩٠٦ ، ولكنه رسب فيه ولم يتقدم اليه ثانية • وفى السنوات التالية استمر فى بحوثه الرياضية مستقلا • ولما تزوج عام ١٩٠٩ كان عليه أن يبحث عن عمل دائم يرتزق منه • وفى أثناء ذلك حصل على خطاب

توصية الى أحد محبى الرياضيات الحقيقيين وهو راماشاندرا راو الذيكان يعمل محصلا فى نيلور، وهى مدينة صغيرة تقع على بعد ٨٠ ميلا شمال مدراس • وكان راماشاندرا راو قد اطلع فعلا على كراستين لرامانوجان ملأهما بالآراء والأفكار العجيبة • ولعله من الأفضل أن ننقل هنا ما تم فى هــــذه المقابلة الأولى على لسان راماشاندرا نفسه •

«منذ بضع سنوات، قال لى أحد أبناء أخى وهو لا يعلم شيئا عن الرياضيات : (عمى ، يوجد زائر يتكلم فى الرياضيات؛ وأنا لا أفهم مما يقول شيئا ؛ فهل لك أن ترى اذا ما كان فى قوله ما يفيد ؟) وفى فيض من حكمتى الرياضية ، تنازلت وأذنت لرامانوجان أن يدخل فى حضرتى • ودخل على رجل خشن المظهر ، غير حليق ، لا تبــدو عليه النظافة ، ممتلىء الجسم ، الا أن عينيه اللامعتين كانتا تلفتان النظر ، وكان يتأبط كراسا ممزقا ، ويبدو فقيرا بائسا ، فر من كامبــا كونام لكى يجد فى مدراس من وقت الفراغ ما يســمح له بمتابعة دراساته • ولم يتق قط الى أن يصبح شخصا مميزا • لم يكن يطلب سوى أن يقدم له أبسط الغذاء دون أى اجهــاد من جانبه ، وأن يسمح له بالاسترسال فى أحلامه •

« وفتح كراسه وأخذ فى شرح بعض كشوفه • ورأيت من أول وهلة أن هناك شيئا خارقا ؛ ولكن معلوماتى لم تسمح لى بأن أفرز هل يقول كلاما معقولا أم هذرا فارغا • وأجلت حكمى عليه وطلبت منه أن يعود الى مرة أخــرى ، ففعــل • ولكنه اذ لاحظ جهلى قدم الى بعضا من المســائل السهلة • وكانت هذه تفوق ما يوجد فى الكتب الحالية ، فأيقنت أنه

رجل رائع • ثم أخذ يتدرج معى خطوة خطوة الى التفاضلات الاهليليجية والمتسلسلات فوق الهندسية والمتسلسلات غير التقاربية • وعند سألته عما يطلبه أجاب بأنه يريد الكفاف لكى يتمكن من متابعة بحوثه » •

★★★

وقد تعهد راماشاندرا راو بأن يدفع نفقات رامانوجان لفترة من الزمن • وبعد مدة ، اثر فشل المحاولات المختلفة التى بذلت لكى يحصل على منحة دراسية ، وكان رامانوجان قد رفض أن تطول اعالته ، قبل أن يعمل فى وظيفة صغيرة بمكتب شركة ميناء مدراس •

ولكنه لم يهمل قط بحوثه الرياضية • وكان أول أعماله البحث الذى نشره فى مجلة الجمعية الرياضية الهندسية عام ١٩١١ وكان عمره ٢٣ سنة • وكان أول بحث طويل نشره عن « بعض خواص أعداد برنولى » ونشر فى نفس العام • وفى عام ١٩١٢ قدم الى نفس المجلة بحثين آخرين وعدة مسائل للحل •

وكان راماشاندرا فى ذلك الوقت قد أقنع السيد جريفيث من كلية مدراس الهندسية أن يهتم برامانوجان ؛ ولذلك فقد اتصل جريفيث بسير فرانسيس سبرينج مدير شركة مدراس وأوصاه برامانوجان • ومنذ ذلك الوقت أصبح من السهل الحصول على اعتراف بقيمة أعماله • وبدأ رامانوجان — بناء على نصيحة سيشو اييار وآخرين — فى مراسلة ج • ه • هاردى وكان اذ ذاك زميلا بكلية ترينيتى ، بكامبريدج ، وهنا نص خطابه الأول لهاردى ، وهو مؤرخ

فى ١٦ يناير ١٩١٣ ، وقد ساعده أصدقاؤه فى صياغته بالانجليزية •

★★★

« سيدى العزيز ،

اسمح لى بأن أقدم لك نفسى فأنا أعمل كاتبا للحسابات فى شركة ميناء مدراس بمرتب قدره عشرون جنيها سنويا • وابلغ من العمر ٢٣ سنة (كان عمره فى الحقيقة ٢٥ سنة) ولم أحصل على أى تعليم جامعى ولكنى أتممت الدراسة الثانوية • وبعد انتهاء دراستى كنت أقضى أوقات فراغى فى دراسة الرياضيات • وأنا لم أطرق سبيل الدراسة الجامعية المنتظمة ، ولكنى أشق طريقى الخاص بنفسى • وقمت بدراسة خاصة للمتسلسلات غير التقاربية بشكل عام، ويصف علماء الرياضيات هنا النتائج التى توصلت اليها بأنها « مذهلة » • • •

اننى أرجوكم أن تراجعوا الأوراق المرفقة بهذا الخطاب • ولما كنت فقيرا فاننى أرجوكم اذا اقتنعتم بقيمة نظرياتى أن تعملوا على نشرها • وأنا لم أذكر الأبحاث الحقيقية ولا التعبيرات التى حصلت عليها ولكنى أشرت فقط الى السبيل الذى أتبعه فى حلها • ولما كانت خبرتى ناقصة فاننى أقدر أية نصيحة تقدمونها لى • واننى اذ أستميحكم عذرا لما سببته لكم من ازعاج •

سوف أبقى لكم ، ياسيدى العزيز » •

المخلص

س • رامانوجان

وأرفق بالخطــاب ١٢٠ نظـرية علق عليهـــا هاردى بما يأتى :

« ليس من السهل أن يقدر المــرء الأثر المبــاشر الذى يحسه أستاذ رياضيات عادى ، يتلقى خطابا مثل هذا من كاتب هندى مغمور ·

« كان أول خاطر جال فى ذهنى هو هل يمكننى حقا أن أدرك قيمة هذا العمل · لقد برهنت أشياء مثل (١ ــ ٧) بنفسى · ويبدو أننى ألم بشكل غامض بالمعادلة (١ ــ ٨) · والواقع أن (١ ــ ٨) من المسائل التقليدية ، انها معادلة للابلاس وكان جاكوبى أول من أثبتهــا ، أما (١ ــ ٩) فجاءت ضمن بحث نشره روجرز عام ١٩٠٧ · وقد فكرت أننى ، كخبير فى التــكاملات المعينة ، قد يمــكننى اثبــات (١ ــ ٥) ، (١ ــ ٦) ، وقد فعلت ذلك ، ولو أن هــذا الأمر أخذ منى من الجهد أكثر مما توقعت ··

« أما المعادلات المسلسلة (١ ــ ١) ، (١ ــ ٤) فقد وجدتهــا أكثر صــعوبة ، وسرعان ما بدا لى واضـــحا أن رامانوجان قد وضع نظريات أكثر من التى بعث بها وأنه يحتفظ لديه بالباقى · وكانت الثانية معادلة معروفة تماما لبارو وهى عن نظرية متسلسلات لاجاندر ، ولكن الأخرى كانت أصعب مما تبدو ··

أما المعادلات من (١ ــ ١٠) الى (١ ــ ١٣) فهى على مستوى مختلف ، ومن الواضح أنها أصعب وأعمق · ويمكن لأى خبير بالدوال الناقصة أن يلاحظ فورا أن (١ ــ ١٣)

قد استخرجت بشكل ما من نظرية (ضرب الأعداد المركبة) ، ولكن (١ ـ ١٠) الى (١ ـ ١٢) هزتني تماما ، فلم يسبق لى أن رأيت قبل ذلك ما يشبهها وتكفى نظرة واحدة اليها حتى يؤمن المرء أنه لا يكتبها الا عالم رياضى من الطراز الأول • ولابد أن تكون صحيحة اذ لا يوجد الشخص الذى يملك من الخيال ما يمكنه من اختراعها • وأخيرا •• لابد أن يكون الكاتب انسانا تام الأمانة ، لأن عظماء الرياضيين أكثر شيوعا من اللصوص أو الدجالين الذين يمتلكون مثل هذه المهارة الفائقة » •

★★★

« ومع أن رامانوجان قد أثبت نجاحه الفائق فى عدة مجالات الا أن عمله فى الأعداد الأولية وكل ما يتصل بهذه النظرية من مسائل كان مخطئا بكل تأكيد • ولعل هذا هو فشله الكبير • ومع كل، فاننى لست متأكدا أن فشله لم يكن، بشكل ما ، أعجب من كل انتصاراته » •

★★★

وكتب هاردى ، معلقا على رموز رامانوجان فى احدى المسائل الرياضية التى وردت فى هذا المجال ، قائلا : « ان لانداو حصل عليها أولا فى عام ١٩٠٨ • ولم يكن لدى رامانوجان أى سلاح من أسلحة لانداو ؛ لم يكن قد رأى أى كتاب فرنسى أو ألمانى ؛ بل ان المامه باللغة الانجليزية كان من الضعف بحيث لم يسمح له بالحصول على درجة جامعية • وكفاه فخرا أنه كان يحلم بمثل هذه المسائل ، وهى مسائل

أخذ أحسن علماء الرياضة الأوروبيين مائة عام لحلها ، ومازال حلها غير كامل الى يومنا هذا » ٠

★★★

وأخيرا وفي شهر مايو عام ١٩١٣ ، ونتيجة لجهود كثير من أصدقائه ، أعفى رامانوجان من عمله ككاتب في شركة ميناء مدراس وأعطى منحة دراسية ٠ وكان هاردى قد بذل عدة محاولات لكي يسافر اليه رامانوجان في كامبريدج ٠ وقد بدا أن الطريق سهل ميسور ، الا أن رامانوجان رفض في مبدأ الأمر نظرا لتعصب طائفته الدينيـة ولأن أمه لم تسمح له بالسفر ٠

كتب هاردى قائلا : « وأخيرا ، أمكن الحصول على هـذه الموافقة بسهولة وبشكل لم نكن نتوقعه ٠ وذلك أن أمه أعلنت ذات صباح أنها رأت في منامها في الليلة السـابقة ابنهـا جالسا في قاعة فسيحة بين مجموعة من الأوروبيين وأن الالهة ناماجيرى قد أمرتها ألا تقف في طريق ابنها وألا تمنعه من تحقيق أهدافه في الحياة » ٠

وعندما ذهب رامانوجان أخيرا كان قد حصل على منحة دراسية من مدراس قيمتها ٢٥٠ جنيها ، خصص منها ٥٠ جنيها لاعانة أسرته في الهند ، كما حصل على اعانة أخـرى قدرها ٦٠ جنيها من ترينيتي ٠

وفيما يلي ما كتبه هاردى عن رامانوجان : « واجهتني مشكلة كبيرة ٠ اذ كيف أعلمه الرياضيات الحديثة ؟ فقد كان يذهلني أن معلوماته محدودة بقـدر ما هي عميقـة . فكان

أمامي رجل يستطيع أن يحل المعادلات المقياسية ، ونظريات ضرب الأعداد المركبة الى رتب لم نسمع بها ، رجل يسيطر على رياضيات الكسور المتصلة بشكل يفوق كل عالم آخر ، رجل وجد لنفسه المعادلة الدالية لدالة زيتا والحدود السائدة في كثير من المشاكل الشهيرة في النظرية التحليلية للأعداد ، وهو في نفس الوقت لم يسمع بالدالة الدورية المزدوجة أو بنظرية كوش، ولم تكن لديه سوى فكرة باهتة عن دالة المتغير المركب • أما أفكاره عن البراهين الرياضيــية ومم تتــكون فكانت مجرد ظلال باهتة • ولقد توصل الى كافة نتــائجه ، القديمة والحديثة ، السليمة والخاطئة ، عن طريق استخدام الحجج المختلطة والبداهة والاستقراء ، وكان عاجــزا عن اعطاء فكرة متماسكة عن طريقته هذه •

لقد كان من المستحيل أن نطالب مثــل هــذا الرجــل بالخضوع للتعليمات المنظمة ؛ أو أن يبدأ في تعلم الرياضة • وكنت خائفا اذا ما أصررت على أمور لا يقبلها رامانوجان ، أن أحطم ثقته بنفسه أو أن أحول دون الوحي الذي يهبط عليه • ولكني من ناحية أخرى كنت أرى أنه من المستحيل أن يبقى جاهلا ببعض الأمور • كانت بعض نتائجه مخطئة ، وخاصة تلك المسائل المتعلقة بتوزيع الأعداد الأولية ، التي كان يعلق هو عليها أهمية خاصة • كان من المستحيل أن أتركه يعتقد خطأ طوال حياته أن جميع أصفار دالة زيتا حقيقية • ولذلك فقد حاولت تعليمه ، ونجحت بشكل ما ، ولو أنني في الواقع تعلمت منه أكثر مما علمته •

« ولابد من كلمــة أضــيفها عن هوايات رامانوجان الأخرى غير الرياضيات ، وكانت هذه بدورها مثل رياضياته

مزيجا من الأمور العجيبة • ولم يكن له أى اهتمام بالآداب أو الفنون ، ولو أنه كان يميز الأدب الجيد من الردىء • ولكنه كان من جهة أخرى فيلسوفا متعمقا ، ويبدو لأنصار مدرسة كامبريدج الحديثة من النوع السديمى ، كما كان سياسيا متحمسا متطرفا فى حبه للسلام • وكان يتمسك بقواعد دينه بشدة غير معهودة فى الهنود المقيمين فى انجلترا • ولكن تمسكه بدينه كان من قبيل العادة أكثر منه عن ايمان مفكر ، واننى مازلت أتذكر جيدا قوله لى (مما أثار تعجبى) ان جميع الأديان تبدو له متساوية ومتكافئة الى حد بعيد • وكان يعجب بكل ما هو غريب سواء فى الأدب أو الفلسفة أو الرياضيات ••• وكان نباتيا بكل معنى الكلمة — مما سبب له كثيرا من المتاعب عندما مرض فيما بعد — وكان يطهو طعامه بنفسه طوال مدة اقامته فى كامبريدج ، ولم يكن يفعل ذلك الا بعد أن يخلع ملابسه ويلبس البيجاما ••• » •

وفى ربيع عام ۱۹۱۷ ، بدا أن صحة رامانوجان ليست على ما يرام • وذهب الى أحد بيوت التمريض فى كامبريدج فى أوائل الصيف ولم يغادر السرير لفترة طويلة بعد ذلك • ثم تنقل بين المصحات فى ويلز وماتلوك ولندن ولم تبدأ صحته فى التحسن الا فى خريف عام ۱۹۱۸ ، فعاود نشاطه • ولعل ما حفزه لذلك ، أنه انتخب عضوا بالجمعية الملكية ، وقد توصل فى ذلك الوقت الى أجمل نظرياته وأبدعها • ومما زاد فى تشجيعه انتخابه زميلا فى كلية ترينيتى • وعلى هذه الجمعيات العلمية الشهيرة أن تهنىء نفسها لأنها انتخبته لعضويتها قبل أن يموت •

★★★

وعاد رامانوجان الى الهند فى أوائل عام ١٩١٩ ، حيث مات فى العام التالى .

واذا أردنا أن نقدر طريقة رامانوجان وعمله وبحوثه فى الرياضيات فعلينا أن نقتبس مرة أخرى من أقوال هاردى :

« كثيرا ما كنت أسأل عما اذا كان لرامانوجان أى سر خاص ؛ وعما اذا كانت وسائله تختلف نوعيا عن وسائل غيره من علماء الرياضيات ؛ وعما اذا كان فى طريقة تفكيره شىء من الشذوذ . وأنا لا أستطيع أن أجيب عن هذه الأسئلة بثقة أو تأكيد ، ولكننى لا أعتقد فى كل هذه الأشياء . ان اعتقادى هو أن جميع الرياضيين يفكرون فى أعماقهم بنفس الوسيلة والأسلوب ، وأن رامانوجان لم يكن شاذا فى هذا . ولكن لا شك أن ذاكرته كانت غير عادية . كان فى امكانه أن يتذكر الأرقام وما فيها من خواص بشكل غير عادى . ولعل مستر ليتلود هو الذى قال عنه : « لقد كان كل رقم عجيب من أخلص أصدقائه » . وانني أذكر أننى ذهبت مرة لعيادته فى أثناء مرضه فى بوتنى . وركبت سيارة أجرة رقم ١٧٢٩ ، وذكرت له أن هذا الرقم قد بدا لى قميئا ، وأننى أرجو ألا يكون هذا فألا سيئا . ولكنه أجاب : لا انه عدد طريف : انه أصغر عدد ممكن كحاصل جمع مكعبين بطريقتين مختلفتين . فسألته بطبيعة الحال عما اذا كان يعرف الجواب المماثل بالنسبة للأعداد المرفوعة للأس الرابع ؛ وأجاب بعد برهة من التفكير أنه لا يرى اجابة واضحة لهذه المسألة ، وأنه يعتقد أن مثل هذا العدد لابد وأن يكون كبيرا جدا . لقد

كانت ذاكرته وقدرته على الحساب غير عادية ، الا أننـــا لا يمكننا أن نقول انهــا كانت « شــاذة » • وكان اذا ضرب عددين كبيرين اتبع الطريقة العادية ، وكان فى امكانه أن يفعل ذلك بسرعة ودقة غير عاديتين ، الا أنه لم يكن فى ذلك أسرع أو أكثر دقة من أى رياضى يتميز بسرعة الحساب •

« أما ما يثير العجب حقا فهـو تعمقــه فى المعــادلات الجبرية ، وتحويل المتسلسلات اللانهائية ، وما شابه ذلك • وفى مثل هذه الأمور لم أر له مثيلا قط ، ولا يمكن مقارنته الا بأويلر أو جاكوبى • وكان يفوق رياضيى العصر الحديث فى استخدام طريقة الاستنتاج بوساطة الأمثلة العــددية ، حتى لقد كشف جميع خواص التطابق فى عمليات التجزئة ، مثلا ، بهذه الطريقة • وبالاضافة الى ذاكرته هذه وصبره وقدرته على الحســاب ، كانت لديه القــدرة عــلى التعميم والاحساس بالشكل والقــدرة عــلى سرعة تعــديل نظرياته وفروضه التى كانت فى الغالب مدهشــة والتى جعلتــه فى أيامه دون نظير أو منافس فى فرع تخصصه •

« وكثيرا ما يقال ان الرياضيين يجدون صــعوبة أكبر هذه الأيام فى البحث عن الموضــوعات الأصـيلة بالمقــارنة بالصعوبة التى كان يجدها الرياضيون فى الأيام العظيمة التى وضعت فيها أسس التحليل الحديث ، ولا شك أن هذا القول فيه شيء من الصحة • وقد تختلف الآراء بالنسبة لأعمــال رامانوجان ، ونوع المقياس الذى تحكم به عليــه ، وتأثير أعماله على الرياضيات فى المستقبل• ان هذه الأعمال لا تتسم ببساطة الأعمال العظيمة جدا ، وربما كانت أعظم لو أنهــا

كانت أقل غرابة .. الا أن المزية ألتى تتصف بها والتى لا يمكن نكرانها هو أنها كانت أعمالا عميقة وأصيلة . وكان من الممكن أن يكون رياضيا أعظم مما كان لو أنه هذب وتعلم منذ الصغر ، الا أنه لو تعلم وتهذب منذ الصغر لما كان رامانوجان الذى كانه ، ولكان أقرب الى أى أستاذ أوروبى ، وربما كانت الخسارة فى هذه الحالة أكبر من المكسب » .

تعـريف بالمـؤلفين

١٠ برنارد كوهين

يشغل ١٠ برنارد كوهين منصب استاذ مساعد لتاريخ العلوم والتربيـة العـامة فى جامعـــة هارفـارد ، تخـرج فى كليـة هارفارد عام ١٩٣٧ وظل يعمل بهـا مدرسا لعلم الفيزياء على حين يستكمل دراساته فى تاريخ العلوم تحت اشراف المرحوم جـورج سارتون • وحصل على درجة الدكتوراه عام ١٩٤٧ ، وكانت الحرب وتدريب جنود البحرية وطلبـة الجيش ، همـا السـبب فى هـذا التأخير • ويعمل كوهين محررا لمجلة خاصة بتاريخ العلوم هى مجلة « ايزيس » ، والف كتاب « العلم : خادم الانسان » ، وهو كتاب يعالج بشكل مقنع أهمية التعضيد المالى من جانب الرأى العـام للبحوث العلمية الهامة •

١٠ ن٠ داك • اندراد

ظل ١٠ ن٠ داك٠ اندراد يحتل ـ عدة سنين ـ مركز استاذ علم الفيزياء فى جامعة لندن ، غير انه اشتهر اخيرا بدراسـاته الخاصة بتاريخ العلوم • ولد فى لندن عام ١٨٨٧ فى عائلة برتغالية الأصـل • وعنـدما التحق بجامعة لندن بدا فى دراسة تركيب المعادن ، وكشف ما يعرف اليوم بقانون اندراد الخاص بزحف المعادن • وحصل بعد ذلك على درجة الدكتوراه فى جامعة هيدلبـرج وعمـل فى معمل ارنست رذرفورد فى منشسـتر • وفى عام ١٩١٣ ، حصل على اول قياسات لطول موجات اشعـة جاما • وقام بخدمته العسكرية فى فرنسا خلال الحرب العالمية الاولى ، ثم قام بتدريس علم الفيزياء فى كلية المدفعية حتى عام ١٩٢٨ حين عين فى جامعة لندن • وتلقى اندراد كثيرا من اشـكال التكريم ، وصار منذ ١٩٥٣ عضوا فى الجمعية الملكية • وهو يمتلك مجموعة كبيرة من الكتب العلمية التى كتبت فى القرن السابع عشر ، هـذا بالرغم من ان جزءا كبيرا من هذه المجموعة قد دمر اثناء غارات الالمان •

جيمس ر٠ نيومان

ولد جيمس • ر٠ نيومان فى مدينـة نيويورك عام ١٩٠٧ ، واسرع فى دراسته الرياضيات فى كلية نيويورك ، وفى دراساته للقانون بمدرسة القانون بكولومبيا ، وصار محاميا وهو لم يتجاوز الثلاثة والعشرين من عمره • غير انه لم يستغل مواهبه فى ممارسة المحـاماة وآثر ان يستغلهـا ، بالاشتراك مع المرحوم ادوارد كاسـنر ، فى كتابة كتاب عنوانه « الرياضيات والتخيل » ، نشره سيمون وشوستر عام ١٩٤٠ ، ومازال يباع منه ٨٢ نسخة كل شهر ، ويبلغ عدد النسخ المبيعة منه ٤٢٫٠٠٠ نسخة فى ١٤ طبعة • وشغل نيومان خلال الحرب عـددا من المناصب المدنية الهامة فى وزارة الحربية وفى هيئة الانتاج الحـربى وفى السـفارة الامريكية فى لندن • وكان نيومان من القلائل من غير المشتغلين بالعلم الذين لم يفاجأوا بنجاح مشروع مانهاتن ، ومن ثم فانه استطاع ان يلعب دورا فعالا كمستشار للجنة مجلس الشيوخ المختصـة بالطاقـة الذرية معضدا تكوين لجنة مدنية للطاقة ومعارضا رأى المطالبين بالاشراف العسكرى • وعندما تكونت مجلة « العالم الامريكى » « الجديدة » فى مطلع عام ١٩٤٨ ، صار واحدا من هيئة تحريرها واخذ على عاتقه توجيـه القسـم الخاص بعرض الكتب العلمية •

السير ادموند ويتاكر

ظل السير ادمون ويتاكر نشطا ومنتجا كعالم وباحث حتى مات عام ١٩٥٦ وقد بلغ الثالثة والثمانين من عمره • انه لم يكن عالما رياضيا بارزا فحسب ، بل ظل طوال حياته العملية الطويلة محاطا بمجموعة رائعة من العلماء • درس الرياضيات فى كمبردج تحت اشراف آرثر كايلاى والسير جورج ستوكس ، وعندما كان زميلا فى كلية ترينيتى عمل مع ا• ن• هوايتهد وبرتراند رسل والسير ج• ج• تومسون واللورد رذرفورد • وعندما كان موظفا فنيا فى الجمعية البريطانية لتطوير العلوم تعرف الى عالم الفيزياء النظرية البارز فرانسيس فيتزجيرالد ، وكان من بين تلامذته خلال السنين الطويلة ج• هـ• هاردى والسير جيمس جينز والسير آرثر ادنجتون و هـ• و• تورنبول والسير جيوفرى تيلور • وفى عام ١٩٠٦ عين ويتاكر الفلكى الملكى لايرلندا ، واحتل كرسى الفلك فى جامعة دبلن الذى كان يحتله وليام روان هاملتون • وكان ابرز تلامذته هناك ايمون دى فاليرا الذى كان بارزا فى الرياضيات • وعندما ترك ويتاكر ايرلندا ليحتل كرسى الرياضيات فى جامعة ادنبرة ، كتب اليه دى فاليرا قائلا انه اعتنى امنية كبيرة ان ينقل كتابى ويتاكر « التحليل الحديث » و « الديناميكا التحليلية » الى اللغة الكلتية • والى جانب نشاط ويتاكر فى الرياضيات والفيزياء كان ينقل فى ميادين الفلسفة والدين • كان كاثوليكيا واولى اهتماما كبيرا الى العلاقة بين العلم واللاهوت •

ميتشيل ويلسون

ميتشيل ويلسون روائى وعالم فى الفيزياء ، وكان فى وقت ما باحثا فى الصناعة • وقد اوجد لنفسه اسما كاحد الكتاب « المخلين » القلائل فى مجالات العلوم والتكنولوجيا • ولد فى مدينة نيويورك عام ١٩١٣ ، وجذبته الآداب والعلوم على حد سواء عندما كان يدرس بجامعتى نيويورك وكولومبيا • ومال الميزان فى بعض الاحيان الى جانب العلوم بفضل احد اساتذة الفيزياء • وقد تخرج ويلسون فعلا على يد ا• ا• رابى واشتغل مساعدا لانريكو فيرمى فى بحوثه عن الميزونات • وفى عام ١٩٤٠ التحق بهيئة بحوث شركة الكربون الكولومبية • اجرى بحوثا على الافلام الرقيقة والتسخين بالذبذبات العالية • وحاول طوال هذا الوقت ان يصبح كاتبا ، وباع قصته الاولى لدار كوزموبوليتان عام ١٩٣٩ • ثم كتب عدة روايات من النوع الذى يغلب عليه طابع الغموض • وفى عام ١٩٤٤ كان عليه ان يختار احد الطريقين : البحث العلمى او الكتابة • وكان اول انتاجه فى الطريق الاخير « عاش مع البرق » وهى رواية حصلت على تاييد النقاد باعتبارها القصة التى تروى كيف يصبح المرء عالما فيزيائيا فى العصر الحالى •

دنيس دوفين

دنيس دوفين هو رئيس شركة الصابون ، وهو كيميائى ، ولد فى لندن عام ١٩١٠ ، وتخرج فى جامعة اكسفورد عام ١٩٢٩ ، واجرى بحوثا فى الكيمياء العضوية بالكوليج دى فرانس • وجاء الى الولايات المتحدة عام ١٩٤٨ بعد ان كان يعمل مساعدا فنيا لمدير احد مصانع المفرقعات التى تديرها وزارة التموين البريطانية • شغف بدراسة تاريخ الكيمياء ، وتوجد الآن بجامعة ويسكونسن مجموعة من البحوث الكيميائية القيمة وكيمياء تحويل المعادن الى ذهب ، جمعها دوفين ، ولعلها اكبر مجموعة من المطبوعات والمخطوطات التى تعرض اعمال الاوائل وبحوثه • وقد اشترك اخيرا مع آخرين فى

نشر مجموعة كاملة لكتابات عالم الكيمياء العظيم . اما هوايته غير العلمية فهي صيد السمك الكبير .

هربرت كوندو

ولد هربرت كوندو ، عضو هيئة البحوث في موسوعة الشعب الامريكية ، حيث يدرس تاريخ الفيزياء في مدينة نيويورك عام ١٩٢٤ ، ودرس في جامعة فلوريدا ، وحصل على شهادة الماجستير في تاريخ الحضارات عام ١٩٥١ في شيكاغو . وفي اثناء الحرب اشتغل فنيا في الرادار ، كما درس الفيزياء والرياضيات في معهد البنوى للتكنولوجيا . وهو يتخذ من الالكترونيات هواية له . وتعلم قراءة الفرنسية والاسبانية والالمانية والاسكندنافية . وجاءت دراسته لحياة فاراداى نتيجة لبحوثه في تاريخ النظرية النسبية .

فردريك ج . كيلجور

ولد فردريك ج . كيلجور بمدينة سبرنجفيلد بولاية ماساشوستس في عام ١٩١٤ . وبمجرد حصوله على شهادة في كلية هارفارد عام ١٩٣٥ ، انضم الى موظفي المكتبة بالكلية ، وظل يعمل هناك حتى عام ١٩٤٢ ، عندما جند في الحرب واحتل وظيفة ضابط مخابرات في مكتب الخدمات الاستراتيجية . واعفى من الخدمة العسكرية عام ١٩٤٥ بعد ان حصل على وسام التقدير . ثم احتل مركز نائب مدير مكتب جمع الاخبار ونشرها . وفي عام ١٩٤٨ عاد الى حياته الاكاديمية بجامعة ييل حيث احتل وظيفته في المكتبة الطبية ، وحيث يلقى محاضرات في تاريخ العلم ويشرف على تحرير مجلة ييل الخاصة بالبيولوجيا والطب .

لورين ك . ايزلى

يعمل لورين ك . ايزلى رئيسا لقسم الانثروبولوجيا (علم الانسان) بجامعة بنسلفانيا ، ومشرفا على القسم الخاص بالانسان القديم بمتحف الجامعة . وقد ولد ايزلى عام ١٩٠٧ بمدينة لنكولن بنبراسكا . وامضى دراسته الجامعية في جامعة نبراسكا ، ثم حصل على درجة الدكتوراه في جامعة بنسلفانيا . وكان تخصصه في ميدان علم الانسان هو الدراسات الحفرية للانسان في العالم الجديد . وقام ببحوث واسعة على الطبيعة في الجزء الغربي من الولايات المتحدة وفي المكسيك . ويعتبر ايزلى من الكتاب الذين يتسمون بالعمق ، سواء في فرع تخصصه او خارج ذلك الفرع . كان احد محرري مجلة « علم الانسان اليوم » . وظهرت له قصص قصيرة وقصائد في مجلات شعبية . واليوم يقوم ايزلى ، بناء على تكليف من الجمعية الفلسفية الامريكية ، بكتابة تاريخ حياة داروين ، وذلك لكي ينشر بمناسبة الاحتفال بمرور مائة عام على اصدار كتاب « اصل الانواع » في عام ١٩٥٩ . ويهدف هذا المشروع الى تجميع المراسلات التى تمت بين داروين والسير تشارلز ليل ، تلك المراسلات التى تتبعتها الجمعية الفلسفية . ويقوم ايزلى ، الى جانب ذلك ، بكتابة كتاب عن تاريخ الفكر التطورى لينشر في احدى المجموعات العلمية .

جيرزى كونورسكى

في عام ١٩٢٧ نشر بافلوف كتابه العظيم عن الانعكاسات الشرطية ، وفي نفس هذا العام كان جيرزى كونورسكى طالبا في جامعة وارسو . وقرأ كونورسكى الكتاب وتأثر به لدرجة انه قرر ان يكرس مواهبه للعمل في هذا الميدان الجديد الذى فتحه بافلوف . وسرعان ما ادرك ان بافلوف لم

يأخذ فى اعتباره ما يسمى بالحركات الارادية ، وان هذه الحركات لا يمكن تفسيرها على اساس الانعكاس الشرطى الكلاسيكى . ووضع كونورسكى ، مع زميله س. ميلر ، برنامجا للبحث ادى بهما الى فكرة « النوع الثانى » من الشرطية او الشرطية « الآلية » . ولفت نشاطهما انظار بافلوف فامضيا عدة سنين يعملان معه فى معمله بلينتجراد . وعندما عاد كونورسكى الى وارسو عام ١٩٣٣ اشرف على تنظيم معهد نينكى للبيولوجيا التجريبية ، وظل يقوم ببحوثه فى ذلك المعهد حتى دمرت المبيتة عند هجوم الالمان عام ١٩٣٩ . وعندما تقهقر الالمان قام كونورسكى وزملاؤه ببعث الحياة فى معهدهم فى مدينة لودز اولا ، ثم فى مدينة وارسو . وعندما نشر كونورسكى كتابه « الانعكاسات الشرطية والتنظيم العصبى » عام ١٩٤٨ تعرض لهجوم عنيف من جانب البافلوفيين المتعصبين . ويعرض هذا الكتاب اسلوب كونورسكى لتحديد الدلول الوظيفى للاجزاء المختلفة من القشرة المخية عن طريق استخدام الافعال المنعكسة الشرطية . ومازال كونورسكى يواصل بحوثه فى نفس الطريق حتى اليوم .

فيليب واميلى موريسون

فيليب موريسون استاذ مساعد لعلم الفيزياء فى جامعة كورنيل . تخرج فى معهد كارنيجى للتكنولوجيا عام ١٩٣٦ ثم درس الفيزياء النظرية على يد روبرت اوبنهايمر فى جامعة كاليفورنيا ، حيث حصل على شهادة الدكتوراه عام ١٩٤٠ . وعندما اعلنت الحرب العالمية الثانية ترك موريسون منصبه كمدرس فى جامعة الينوى لكى يلتحق بمعمل ابحاث المعادن بجامعة شيكاغو ، ثم اصبح فيما بعد رئيسا لمجموعة من البحاث فى معمل لوس الاموس بمقاطعة مانهاتن . وكان احد اعضاء فريق الفيزيائيين الذين اشرفوا على المرحلة الأخيرة من العملية التاريخية التى حدثت بجزر ماريانوس ، كما كان احد الاوائل الذين نزلوا لدراسة آثارها وعواقبها فى اليابان . وسرح من الخدمة عام ١٩٤٦ حيث التحق بعمله الحالى فى كورنيلى. وهناك اختلفت اوجه نشاطه فكان منها دراسة نشأة الاشعة الكونية ، ونظرية التركيب النووى ، واجراء تجارب لا امل كبير يرجى منها على طبيعة انتقال الاستعلامات فى الخلايا . اما اميلى موريسون فقد تخرجت كذلك فى معهد كارنيجى للتكنولوجيا ، وهى مساعدة لزوجها فى تبسيط العلوم ، وهما يشتركان فى الاهتمام بهذا الموضوع .

وارين ويفر

وارين ويفر هو نائب رئيس قسم العلوم الطبيعية والطبية بمؤسسة روكفلر ومدير قسم العلوم الطبيعية والزراعية بها . ويعتبر هذا العمل طريقه الثانى الذى شقه فى الحياة فقد كان اولا عالما فى الرياضيات بجامعة ويسكونسن ، حيث عمل استاذا ورئيسا لقسم الرياضيات بها حتى عام ١٩٣٢ . وعندما التحق بمؤسسة روكفلر ، اعلن ويفر ان هدفه

فى توجيه موارد المؤسسة سيكون نحو زيادة « الاهتمام بعلوم الحياة وعلم النفس ، ثم تلك التطورات الخاصة فى الرياضيات والفيزياء والكيمياء التى لها فى حد ذاتها اهمية بالنسبة لعلم الحياة » • ويعود كثير من الفضل فى تقدم وانتعاش العلم الامريكى فى هذه الفروع الى هذه السياسة التى رسمها ويفر • ولما كان ويفر رجلا مليئا بالحيوية لا يعـرف الكلل فقد جعل الشئون العامة للعلم محل اهتمامه الخاص ، وامكنه ان يثير اهتمام عدد من الهيئات والمعاهد التى لم يكن من السهل اثارتها مثل الاتحاد الامريكى لتقدم العلوم والاكاديمية القومية للعلوم ، وجعلها تشترك بنشاط فى تنمية وعى الراى العـام بالعلم والدفاع عن حرية العـلم • ولديه فى منزله بنيو مليفورد اكبر مجموعة خاصة من مؤلفات لويس كارول ، وتحتوى هذه المجموعة على مخطوطات رياضية وكذلك على طبعات كثيرة من « مغامرات اليس فى بلاد العجائب » الى « من خلال العين السحرية » •

صدر من هذه السلسلة

أولاً: الموسوعات والمعاجم

ليونارد كوتريل، الموسوعة الأثرية العالمية

ولبم بتر، معجم التكنولوجيا الحيوية

و.د. هاملتون وآخرون، المعجم الجيولوجي

ج. كارفيل، تبسيط المفاهيم الهندسية

ب. كومللان، الأساطير الإغريقية والرومانية

ثانياً: الدراسات الاستراتيجية وقضايا العصر

د. محمد نعمان جلال، حركة عدم الانحياز في عالم متغير

لويك موريس، الآن هو، الإرهاب

ممدوح عطية، البرنامج النووي الإسرائيلي

ازرا . فوجل، المعجزة اليابانية (٢ج)

د. السيد نصر الدين، إطلالات على الزمن الآتي

بول هاريسون، العالم الثالث غداً

مجموعة من العلماء ، مبادرة الدفاع الاستراتيجي: حرب الفضاء

و. مونتجمري وات، الإسلام والمسيحية في العالم المعاصر

بادي آونيمود، أفريقيا الطريق الآخر

فانس بكارد ، آلـهم يصنعون البشر (٢ج)

مارتن فان كريفلد، حرب المستقبل

ألفين توفلر ، تحول السلطة (٢ج)

ممدوح حامد عطية ، إنهم يقتلون البيئة

السيد أمين شلبي، جورج كينان

يوسف شرارة ، مشكلات القرن الحادي والعشرين والعلاقات الدولية

د. السيد عليوه ، إدارة الصراعات الدولية

د. السيد عليوه ، صنع القرار السياسي

جورج كاشمان، لماذا تنشب الحروب (٢ج)

إمانويل هيمان، الأصولية اليهودية

ثالثاً: الاقتصاد

نورمان كلارك، الاقتصاد السياسي للعلم والتكنولوجيا

سامي عبد المعطي، التخطيط السياحي في مصر

جابر الجزار، ماستر يخت والاقتصاد المصري

ميكائيل البي، الانقراض الكبير

ولت وتمان روستو، حوار حول التنمية الاقتصادية

فيكتور مورجان، تاريخ النقود

رابعاً: العلوم والتكنولوجيا

فورنر هيزنبرج ، الجزء والكل محاورات في مضمار الفيزياء الذرية

فريد هويل، البذور الكونية

وليام بيري، الهندسة الوراثية للجميع

جوهان دورشنر، الحياة في الكون كيف نشأت وأين توجد

اسحق عظيموف، الشموس المتفجرة (أسرار

السوبرنوفا)
روبرت لافور، البرمجة بلغة البيزيك لمستخدمي
توروسي (٢ج)
ادوارد ايه فايجنباوم، الجيل الخامس للحاسوب
محمود سري طه، الكمبيوتر في مجالات الحياة
مصطفى عنان، الميكروكمبيوتر
ي. راجو تسكايا جايوتشكي، الإلكترونيات والحياة الحديثة
فرد س. هيس، تبسيط الكيمياء
كاتي ثور، تربية الدواجن
محمد زينهم، تكنولوجيا فن الزجاج
لاري جونيك، الهندسة الوراثية بالكاريكاتير
جينا كولاتا، الطريق إلى دوللي
دوركاس ماكلينتوك، صور أفريقية، نظرة على حيوانات أفريقيا
اسحق عظيموف، أفكار العلم العظيمة
د. مصطفى محمود سليمان، الزلازل
بول دافيز، الدقائق الثلاث الأخيرة
وليام ج. جاليوز، ما هي الجيولوجيا
اسحق عظيموف، العلم وآفاق المستقبل
ب. س. ديفيز، المفهوم الحديث للمكان والزمان
محمود سري طه، الاتجاهات المعاصرة للطاقة
بانش هوفمان، آينشتين [illegible]
زافيلسكي ف. س.، الزمن وقياسه
ج. كراوثر، تاريخ العلم والتكنولوجيا (٢ج)
د. فاضل أحمد الطائي، أعلام العرب في الكيمياء
رولاند جاكسون، الكيمياء في خدمة الإنسان
إبراهيم القرضاوي، أجهزة تكييف الهواء
ديفيد الدرتون، تربية أسماك الزينة
أندريه سكوت، جوهر الطبيعة
إيزور أكيموشكين، الإيكولوجي
إدوارد دو بونو، التفكير العملي

خامساً: مصر عبر العصور

محرم كمال، الحكم والأمثال والنصائح عند المصريين القدماء
فرانسوا دوماس، آلهة مصر
سيريل ألدريد، أخناتون
د. ليونارد تشامبرز رايت، سياسة الولايات المتحدة الأمريكية إزاء مصر
موريس بوزاير، صناع الخلود
كنت . كتشن، رمسيس الثاني: فرعون المجد والانتصار
آلن شورتر، الحياة اليومية في مصر القديمة
ونفرد هولمز، كانت ملكة على مصر
جاك كرابس جونيور، كتابة التاريخ في مصر
نفتالي لويس، مصر الرومانية
عبده مباشر، البحرية المصرية من محمد علي للسادات (١٨٠٥-١٩٧٣)
د. السيد أبو سديرة، الحرف والصناعات في مصر الإسلامية
أ. أ. س. ادواردز، أهرام مصر
سومرز كلارك، الآثار القبطية في وادي النيل
كريستيان ديروش نوبلكور، المرأة الفرعونية
بيل شول وأدمنت، القوة النفسية للأهرام
جيمس هنري برستيد، تاريخ مصر
د. بيارد دودج، الأزهر في ألف عام
أ. سبنسر، الموتى وعالمهم في مصر القديمة
ألفريد ج. بتلر، الكنائس القبطية القديمة في

مصر (ج٢)
روز اليندم، الطفل المصري القديم
ج. و. بيكرسون، الموالد في مصر
جون لويس بوركهارت، العادات والتقاليد المصرية من الأمثال الشعبية
سوزان راتييه، حتشبسوت
مرجريت مري، مصر ومجدها الغابر
أوج فولكوف، القاهرة مدينة الألف ليلة وليلة
د. محمد أنور شكري، الفن المصري القديم
ج. جيمز، الحياة أيام الفراعنة
لورد كرومر، الثورة العرابية
إيفان كونج، السحر والسحرة

سادساً: الكلاسكيات

جاليليو جاليليه ، حوار حول النظامين الرئيسين للكون (٣ج)
وليم مارسدن، رحلات ماركو بولو (٣ج)
أبو القتح الفردوسي ، الشاهنامة (٢ج)
أدوارد جيبون، اضمحلال الإمبراطورية الرومانية وسقوطها
ناصر خسرو علوي، سفر نامة
فيليب عطية، تراتيم زرادشت

سابعاً: الفن التشكيلي والموسيقى

عزيز الشوان، الموسيقى تعبير نغمي ومنطق
ألبرز جرايبر، موتسارت
شوكت الربيعي، الفن التشكيلي المعاصر في الوطن العربي
ليوناردو دافنشي، نظرية التصوير
د.غبريال وهبه، أثر الكوميديا الإلهية لدانتي في الفن التشكيلي
روبين جورج كولنجوود، مبادئ الفن
مارتن جك، يوهان سبستيان باخ
ميخائيل ستيجمان، فيفالدي
هربرت ريد، التربية عن طريق الفن
أدامز فيليب، دليل تنظيم المتاحف
حسام الدين زكريا، انطون بروكنر
جيمس جينز، العلم والموسيقى
هوجولا يختنتريت، الموسيقى والحضارة
أ. محمد كمال إسماعيل، التحليل والتوزيع الأوركسترالي
صالح رضا، ملامح وقضايا في الفن التشكيلي المعاصر
أدمونلدو سوليمي، ليوناردو

ثامناً: حضارات عالمية

جاكوب برونوفسكي، التطور الحضاري للإنسان
س. م. بورا، التجربة اليونانية
جوستاف جرونيباوم، حضارة الإسلام
. د. جرني، الحيثيون
ل.ديلابورت، بلاد ما بين النهرين
ج. كونتنو، الحضارة الفينيقية
آدم متز، الحضارة الإسلامية
جوزيف نيد هام، تاريخ العلم والحضارة في الصين
ستيفن رنسيمان، الحضارة البيزنطية
سبتينو موسكاتي، الحضارات السامية

تاسعاً: التاريخ

جوزيف دامُوس، سبع معارك فاصلة في العصور الوسطى

هنري بيرين، تاريخ أوروبا في العصور الوسطى

أرنولد توينبي، الفكر التاريخي عند الإغريق

بول كولز، العثمانيون في أوروبا

جوناثان ريلي سميث ، الحملة الصليبية الأولى وفكرة الحروب الصليبية

د. بركات أحمد، محمد واليهود

ستيفن أوزمنت، التاريخ من شتى جوانبه (٣ج)

و. بارتولد، تاريخ الترك في آسيا الوسطى،

فلاديمير تيسمانيانو، تاريخ أوروبا الشرقية

ألبرت حوراني، تاريخ الشعوب العربية (٢ج)

نويل مالكوم، البوسنة

هاري ب . تاش، الحمر والبيض والسود

أحمد فريد رفاعي، عصر المأمون (٢ج)

آرثر كيستلر، القبيلة الثالثة عشر ويهود اليوم

تاكيهاي متسوي، الثورة الإصلاحية في اليابان

محمد فؤاد كوبريلي، قيام الدولة العثمانية

د. إبرار كريم الله، من هم التتار

ستيفن رانسيمان، الحملات الصليبية

ليان .ويد جري، التاريخ وكيف يفسرونه (٢ج)

جوسبي دي لونا، موسوليني

جوردون تشيلد، التقدم الإنسانية

هـ. ج. ولز، معالم تاريخ الإنسانية (٤ج)

يوهان هويزنجا، اضمحلال العصور الوسطى

هـ ج ويلز، موجز تاريخ العالم

عاشراً: الجغرافيا والرحلات

ت.و. فريمان، الجغرافيا في مائة عام

ليستردبل راي، الأرض الغامضة

رحلة جوزيف بتس (الحاج يوسف)

اميليا ادواردز، رحلة الألف ميل

رحلات فارتيما (الحاج يونس المصري)

رحلة بوركهارت إلى مصر والحجاز (٣ج)

رحلة عبد اللطيف البغدادى

رحلة الأمير رودلف إلى الشرق (٣ج)

يوميات رحلة فاسكو داجاما

س . هوارد، أشهر الرحلات في غرب أفريقيا

إريك أكسيلون، أشهر الرحلات في جنوب أفريقيا

حادي عشر الفلسفة وعلم النفس

جون بوبر، الفلسفة وقضايا العصر (٣ج)

سوندرا، الفلسفة الجوهرية

جون لويس، الإنسان ذلك الكائن الفريب

سدني هوك، التراث الغامض: ماركس والماركسيون

إيفري شاتزمان، كوننا المتمدد

ادوارد دوبونو، التفكير المتجدد

رونالد دافيد لانج، الحكمة والجنون والحماقة

توماس هاريس، التوافق النفسي: تحليل المعاملات

د. أنور عبد الملك، الشارع المصري والفكر

نيكولاس ماير، شارلوك هولمز يقابل فرويد

أنطوني دي كرسبني، أعلام الفلسفة المعاصرة

جون وروبرت هاتدل، كيف تتخلصين من القلق؟

هـ. ج. كريل، الفكر الصيني

أوجست دييس، أفلاطون

د. السيد نصر الدين، الحقيقة الرمادية

برتراند راسل، السلطة والفرد
مارجريت روز، ما بعد الحداثة
كارل بوبر، بحثا عن عالم أفضل
ريتشارد شاخت، رواد الفلسفة الحديثة
جوزيف داهموس، سبعة مؤرخين في العصور الوسطى
د. روجر ستروجان، هل نستطيع تعليم الأخلاق للأطفال
إريك برن، الطب النفسي والتحليل النفسي
بورتون بورتر، الحياة الكريمة (٢ ج)
فرانكلين ل. باومر، الفكر الأوربي الحديث (٤ ج)
هنري برجسون، الضحك
أرنست كاسيرر، في المعرفة التاريخية
يعقوب فام، البراجماتية

ثاني عشر: العلوم الاجتماعية

د.محي الدين أحمد حسين، التنشئة الأسرية والأبناء الصغار
م. و ترنج، ضمير المهندس
رايموند وليامز، الثقافة والمجتمع
روى روبرتسون، الهروين والإيدز
بيتر لوري، المخدرات حقائق نفسية
ليوبو سكاليا، الحب
برنسلاو مالينوفسكي، السحر والعلم والدين
بيتر روداي، الخدمة الاجتماعية والانضباط الاجتماعي
بيل جيرهارت، تعليم المعوقين
ارنولد جزل، الطفل من الخامسة إلى العاشرة
رونالد د. سيمسون، العلم والطلاب والمدارس

ثالث عشر: المسرح

لويس فارجاس ، المرشد إلى فن المسرح
برونو باشيتسكي ، حفلة مانيكان
جلال العشري ، فكرة المسرح
جان بول سارتر ؛ جورج برناردشو؛ جان أنوي مختارات من المسرح العالمي
د.عبد المعطي شعراوي ، المسرح المصري المعاصر أصلة وبدايته
توماس ليبهارت، فن المايم والبانتومايم
زيجمونت هبنر، جماليات فن الإخراج
يوجين يونسكو، الأعمال الكاملة (٢ ج)

رابع عشر: الطب والصحة

بوريس فيدوروفيتش سيرجيف، وظائف الأعضاء من الألف إلى الياء
د.جون شندلر، كيف تعيش ٣٦٥ يوما في السنة
د.ناعوم بيتروفيتش، النحل والطب
م. هـ. كنج، العقلية في البلدان النامية

خامس عشر: الآداب واللغة

برتراند رسل، أحلام الأعلام وقصص أخرى
ألدس هكسلي، نقطة مقابل نقطة
جول ويست، الرواية الحديثة : الإنجليزية والفرنسية
أنور المعداوي، علي محمود طه: الشاعر والإنسان
جوزيف كونراد، مختارات من الأدب القصصي.

تاجور شين يزو بنج وآخرون، مختارات من الآداب الآسيوية

محمود قاسم، الأدب العربي المكتوب بالفرنسية

مختارات من الشعر الأسباني: في

جابرييل جارسيا ماركيز، الجنرال في المتاهة

سوريال عبد الملك، حديث النهر

د.رمسيس عوض، الأدب الروسي قبل الثورة البلشفية وبعدها

مختارات من الأدب الياباني:الشعر – الدراما الحكاية القصة القصيرة

ديفيد بشبندر، نظرية الأدب المعاصر

نادين جورديمر وآخرون، سقوط المطر وقصص أخرى

رالف ئى ماتلو، تولستوي

والتر ألن، الرواية الإنجليزية

هادي نعمان الهيتي، أدب الأطفال

مالكوم براديري، الرواية اليوم

لوريتو تود، مدخل إلى علم اللغة

إيفور إيفانز، موجز تاريخ الدراما الإنجليزية

ج. س. فريزر، الكاتب الحديث وعالمه (٢ج)

جورج ستاينر، بين تولستوي ودستويفسكي (٢ج)

ديلان توماس، مجموعة مقالات نقدية

فيكتور برومبير، ستندال

فيكتور هوجو، رسائل وأحاديث من المنفى

يانكو لافرين، الرومانتيكية والواقعية

د.نعمة رحيم العزاوي، أحمد حسن الزيات كاتباً وناقداً

ف.برميلوف، دستويفسكي

لجنة الترجمة بالمجلس الأعلى للثقافة، الدليل الببليوجرافيا

محسن جاسم الموسوي، عصر الرواية : مقال في النوع الأدبي

هنري باربوس، الجحيم

ميجل دي ليبس، الفئران

روبرت سكولز وآخرون، آفاق أدب الخيال العلمي

يانيس ريتسوس، البعيد (مختارات شعرية)

إيفور إيفانز، مجمل تاريخ الأدب الإنجليزي

فخري أبو السعود، في الأدب المقارن

سليمان مظهر، أساطير من الشرق

صفاء خلوصي، فن الترجمة

ف.ع. أدينكوف، فن الأدب الروائي عند تولستوي

سادس عشر: الإعلام

فرانسيس ج. برجين، الإعلام التطبيقي

بير البير، الصحافة

هربرت شيلر، الاتصال والهيمنة الثقافية

سابع عشر: السينما

هاشم النحاس، الهوية القومية في السينما

ج.دادلي، نظريات الفيلم الكبرى

روى آرمز ، لغة الصورة في السينما المعاصرة

هاشم النحاس، صلاح أبو سيف (محاورات)

جان لويس بورى وآخرون ، في النقد السينمائي الفرنسي

محمود سامى عطا الله ، الفيلم التسجيلي

ستانلي جيه سولومون ، أنواع الفيلم الأمريكي

جوزيف وهارى فيلدمان، ديناميه الفيلم
قدري حفني، الإنسان المصري على الشاشة
مورن براح، السينما العربية من الخليج إلى المحيط
حسين حلمي المهندس، دراما الشاشة :بين النظرية والتطبيق للسينما والتليفزيون (٢ج)
إدوارد بري، عن النقد السينمائي الأمريكي
جوزيف م. بوجز ، فن الفرجة على الأفلام
سعيد شيمي، التصوير السينمائي تحت الماء
دوايت سوين ، كتابة السيناريو للسينما
هاشم النحاس، نجيب محفوظ على الشاشة
يوجين فال، فن كتابة السيناريو
دانيل اريخون، قواعد اللغة السينمائية
كريستيان ساليه ، السيناريو في السينما الفرنسية
ـ آلان كاسبيار، التذوق السينمائي
تونى بار، التمثيل للسينما والتلفزيون
بيتر نيكولز، السينما الخيالية
بول وارن، خفايا نظام النجم الأمريكي
دافيد كوك، تاريخ السينما الروائية

ثامن عشر: كتب غيرت الفكر الإنساني

سلسلة لتلخيص التراث الفكري الإنساني في صورة عروض موجزة لأهم الكتب التي ساهمت فى تشكيل الفكر الإنسانى وتطوره مصحوبة بتراجم لمؤلفيها وقد صدر منها ٩ أجزاء.

مما يؤسف له أن تاريخ العلم جانب مُهمَل من التاريخ، رغم أن أثـــره علـــى حياتنا اليومية واضح لا مراء فيه، ورغم أن دراسة تاريخ العلوم تلقى ضوءاً هاماً على ماضى الإنسان بأبعاده السياسية والاقتصادية والثقافية والحربية وما إلى ذلك. ولعل السر فى ذلك عزوف العلماء الذين يكرسون حياتهم لخدمـــــة العلم عن طلب الشهرة، وإيثارهم حياة العزلة، ضناً بوقتهم على أن يبـــددوه فيما لا ينفع ولا يفيد غايات البحث العلمى. وهذا الكتاب يسعى إلى سد هـــذه الثغرة، حيث يعرض لنا حياة ١٨ رجلاً من هؤلاء العلماء الأفذاذ الذين ساهم كل منهم بمكتشفاته فى صنع الحاضر، ومنهم جاليليو ولابـــلاس وهـــاملتون وفرانكلين ولافوازييه وهارفى وبافلوف وغيرهم ممـــن لا تـــزال نظرياتـــهم تدرس فى الجامعات والمدارس، وهم، وإن كانوا قد رحلوا عنا بأجسادهم، إلا أن وجودهم مازال مؤثراً بيننا، حيث يتجسد فى النظام الصناعى الذى يحيـــط بنا وتلعب أفكارهم دورها داخل أدمغتنا، ونحن نصور لأنفسنا ذلك [illegible] نحيا فيه وموضعنا منه وفق مكتشفاتهم ومبتكراتهم.

٥٧٥ قـرشـــاً

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب